

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

4/9/2

DIALOG(R)File 351:Derwent WPI

(c) 2002 Derwent Info Ltd. All rts. reserv. 007396722

WPI Acc No: 1988-030657/198805 XRAM Acc No: C88-013606

**New carboxylated macrocyclic heterocyclic chelating agents - and their metal complexes, useful as diagnostic and therapeutic agents**

Patent Assignee: SCHERING AG (SCHD ); SCHERING BERLIN & BERGKAMEN AG (SCHD)

Inventor: GRIES H; RADUCHEL B; SPECK U; WEINMANN H; RADUECHEL B; WEINMANN H J

Number of Countries: 020 Number of Patents: 016

**Patent Family:**

Patent No	Kind	Date	Applicat No	Kind	Date	Week
EP 255471	A	19880203	EP 87730095	A	19870724	198805 B
DE 3625417	A	19880211	DE 3625417	A	19860728	198807
AU 8776217	A	19880204				198813
JP 63041468	A	19880222	JP 87186794	A	19870728	198813
NO 8703132	A	19880222				198813
DK 8703933	A	19880129				198817
PT 85410	A	19880729				198835
ZA 8705561	A	19890329	ZA 875561	A	19870728	198918
EP 255471	B1	19920909	EP 87730085	A	19870724	199237
DE 3781620	G	19921015	DE 3781620	A	19870724	199243
			EP 87730085	A	19870724	
NO 174048	B	19931129	NO 873132	A	19870727	199402
ES 2052599	T3	19940716	EP 87730085	A	19870724	199430
JP 95053720	B2	19950607	JP 87186794	A	19870728	199527
DK 171574	B	19970120	DK 873933	A	19870728	199710
DE 3625417	C2	19981008	DE 3625417	A	19860728	199844
CA 1341176	C	20010130	CA 543027	A	19870727	200117

Priority Applications (No Type Date): DE 3625417 A 19860728

Cited Patents: EP 124766; FR 2539996; WO 8602352; 1.Jnl.Ref; EP 232751; EP 238196

**Patent Details:**

Patent No Kind Lan Pg Main IPC Filing Notes

EP 255471 A G

Designated States (Regional): AT BE CH DE ES FR GB GR IT LI LU NL SE

EP 255471 B1 G 25 C07D-257/02

Designated States (Regional): AT BE CH DE ES FR GB GR IT LI LU NL SE

DE 3781620 G C07D-257/02 Based on patent EP 255471

NO 174048 B C07D-257/02 Previous Publ. patent NO 8703132

ES 2052599 T3 C07D-257/02 Based on patent EP 255471

JP 95053720 B2 25 C07D-257/02 Based on patent JP 63041468

DK 171574 B C07D-257/02 Previous Publ. patent DK 8703933  
DE 3625417 C2 C07D-257/02  
CA 1341176 C E C07D-257/02

**Abstract (Basic): EP 255471 A**

Macrocyclic N and P heterocycles (I), including their conjugates with macromolecules and salts are new; where Y = N or P; A1 and A2 = 2-6C opt branched alkylene; U1-U4 = bond or opt branched 1-6C alkylene; D1-D4 = O, S, 1-6C alkylene or NR7; R7 = H or 1-4C alkylene having a terminal COOR1 gp.; R1 = H or metal ion equiv; D5 is as D1 or CHR5; R5 = H or 1-20C opt unsatd alkylene which may include imino, phenyleneoxy, phenyleneimino, amido, ester, O, S and/or N; can be substd by OH, SH, imino and/or amino, and may carry a terminal functional gp. (opt. bonded to a macromolecule, B); s and t = 0 - 5; R2 = H; opt. substd 1-16C alkyl, acyl or acylalkyl (opt substd by 1 or more OH or lower alkoxy); -CH2-X- V; B or CH2COB; X = CO, opt branched up to 10C alkylene (opt substd by 1 or more OH or lower alkoxy), or opt branched 2-23C alkylene interrupted by O; V = NR3R4 or COOR6; R3 and R4 = H, 1-16C alkyl (opt substd by 1 or more OH or lower alkoxy) or together complete a 5-6 membered heterocycle opt contg another heteroatom; R6 = H; up to 16C satd or unsatd., linear, branched or cyclic hydrocarbyl, aryl or aralkyl; R2 or R3 can be bonded by a 2-20C alkylene chain (opt having a terminal carbonyl gp., opt interrupted by 1 or more O or R1-carboxymethyl-imino, or substd by one or more OH, lower alkoxy or carboxy-lower alkyl) to a second macrocycle (I'), which can differ from (I); with provisos.

USE/ADVANTAGE - Where R1 = H, (I) are complexing agents; where R1 = metals, (I) are variously useful as agents for NMR, X-ray, ultrasonic and radiodiagnosis, and for radiotherapy. They are generally excreted rapidly in unchanged form (avoiding toxicity) and the ligands can be tailor-made to provide particle activity, pharmacokinetic, compatibility, etc. properties, e.g. organic specificity. Complexes with e.g. Ca or Mg ions can be used to treat heavy metal poisoning and particular storage diseases. (59pp Dwg.No.0/0)

**Abstract (Equivalent): EP 255471 B**

1,4,7,10-tetra azacyclododecane derivatives of the general formula I, wherein each R1, independently of the others, represents hydrogen or a metal ion equivalent, R5 represents hydrogen or a methyl or ethyl group, R2 represents a linear or branched, saturated or unsaturated alkyl group that has up to 16 carbon atoms and that is substituted by from 1 to 5 hydroxy or 1-4C alkoxy groups, -CH2-X-V in which X represents carbonyl, a linear or branched alkylene group having from 1 to 10 carbon atoms that is optionally substituted by from 1 to 5 hydroxy or 1-4C alkoxy groups, or a linear or branched alkylene group that is interrupted by oxygen atoms and has from 2 to 23 carbon atoms, V represents -N(R3)R4 in which each of R3 and R4, independently of the other, represents hydrogen, a linear or branched alkyl group that has up to 16 carbon atoms and that is optionally substituted by from 1 to 5 hydroxy or 1-4C alkoxy groups, or R3 and R4 together with the nitrogen atom represent a pyrrolidine, piperidine, morpholine or piperazine ring, or R2 or R3 represents a second macrocycle of the formula I' that

is linked via an alkylene chain that has from 2 to 20 carbon atoms and optionally carries carbonyl groups at its ends and is optionally interrupted by from 1 to 4 oxygen atoms or substituted by from 1 to 5 hydroxy, 1-4C alkoxy or carboxy 1-4C alkyl groups, or R<sub>2</sub> represents B or CH<sub>2</sub>-COB, B representing a macromolecule or biomolecule that accumulates to an especially great extent in the organ or organ part to be investigated or in the tumour, and functional groups present in the molecule are, if desired, conjugated with biomolecules, and the salts thereof with organic or inorganic bases or aminoacids or with inorganic or organic acids.

(Dwg.0/0)

Title Terms: NEW; CARBOXYLATED; MACROCYCLE; HETEROCYCLE; CHELATE; AGENT; METAL; COMPLEX; USEFUL; DIAGNOSE; THERAPEUTIC; AGENT

Derwent Class: B05

International Patent Class (Main): C07D-257/02

International Patent Class (Additional): A61K-031/39; A61K-031/55;

A61K-031/655; A61K-043/00; A61K-049/00; A61K-049/04; A61K-051/00;

A61K-051/04; C07B-059/00; C07D-273/00; C07D-401/12; C07D-403/12;

C07D-405/12; C07F-005/00; C07F-009/547; C07F-009/65; C07F-009/6524;

C07F-013/00; C07F-015/00

File Segment: CPI

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(21) Anmeldenummer: 87730085.5

(22) Anmeldetag: 24.07.87

(61) Int. Cl.<sup>2</sup>: **C 07 D 257/02**  
**C 07 D 273/00, A 61 K 49/00**  
**C 07 F 5/00, C 07 F 13/00**  
**C 07 F 9/65**

(30) Priorität: 28.07.86 DE 3825417

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
 03.02.88 Patentblatt 88/5

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
 AT BE CH DE ES FR GB GR IT U LU NL SE

(71) Anmelder: **SCHERING AKTIENGESELLSCHAFT** Berlin  
 und Bergkamen  
 Müllerstrasse 170/178 Postfach 65 03 11  
 D-1000 Berlin 65(DE)

(72) Erfinder: **Gries, Heinz, Dr.**  
 Heinstädter Strasse 19  
 D-1000 Berlin 31(DE)

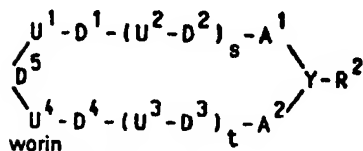
(72) Erfinder: **Radtschel, Bernd, Dr.**  
 Gollanczstrasse 132  
 D-1000 Berlin 28(DE)

(72) Erfinder: **Speck, Ulrich, Dr.**  
 Benediktstrasse 50  
 D-1000 Berlin 28(DE)

(72) Erfinder: **Weinmann, Hans-Joachim, Dr.**  
 Ahornstrasse 31  
 D-1000 Berlin 41(DE)

(84) **Makrocyclische Verbindungen.**

(67) Verbindungen der allgemeinen Formel I



worin

Y ein Stickstoff- oder Phosphoratom,  
 A<sup>1</sup> und A<sup>2</sup> gleich oder verschieden sind und jeweils eine  
 geradkettige oder verzweigte Alkylengruppe mit 2 bis 6  
 Kohlenstoffatomen,

U<sup>1</sup>, U<sup>2</sup>, U<sup>3</sup>, U<sup>4</sup> gleich oder verschieden sind und jeweils  
 eine direkte Bindung oder eine geradkettige oder verzweigte  
 Alkylengruppe mit 1 bis 6 Kohlenstoffatomen,

D<sup>1</sup>, D<sup>2</sup>, D<sup>3</sup>, D<sup>4</sup> gleich oder verschieden sind und jeweils ein  
 Sauerstoff- oder Schwefelatom, eine Alkylengruppe mit 1 bis  
 6 Kohlenstoffatomen oder eine Gruppe N-R<sup>7</sup> mit R<sup>7</sup> in der  
 Bedeutung eines Wasserstoffatoms, einer geradkettigen  
 oder verzweigten Alkylengruppe mit 1 bis 4 Kohlenstoffatomen,  
 die am Ende eine COOR<sup>1</sup>-Gruppe trägt, wobei R<sup>1</sup> für ein  
 Wasserstoffatom oder ein Metall- oder Nichtmetallatom steht,

D<sup>5</sup> die für D<sup>1</sup>, D<sup>2</sup>, D<sup>3</sup> und D<sup>4</sup> angegebene Bedeutung hat  
 sowie die Gruppe

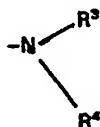


mit R<sup>5</sup> in der Bedeutung eines Wasserstoffatoms oder einer  
 gegebenenfalls Imino-, Phenyloxy-, Phenylenimino-,  
 Amid-, Estergruppe(n), Sauerstoff-, Schwefel- und/oder  
 Stickstoff-Atom(e) enthaltenden gegebenenfalls durch  
 Hydroxy-, Mercapto-, Imino- und/oder Aminogruppe(n) sub-  
 stituierten geradkettigen oder verzweigten, gesättigten oder  
 ungesättigten C<sub>1</sub>-C<sub>20</sub>-Alkylengruppe, die am Ende entweder  
 eine funktionelle Gruppe oder gebunden über diese ein  
 Makromolekül B aufweist.

s und t ganze Zahlen von 0 bis 5,

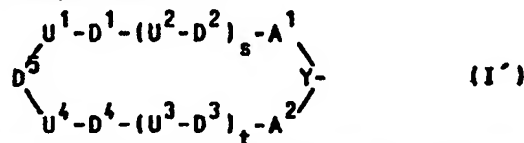
R<sup>2</sup> Wasserstoff, eine gerade oder verzweigte, gesättigte  
 oder ungesättigte, gegebenenfalls durch eine oder mehrere  
 Hydroxy- oder niedere Alkoxygruppen substituierte Alkyl-,  
 Acyl- oder Arylalkylgruppe mit 1 bis 16 Kohlenstoffatomen,  
 -CH<sub>2</sub>-X-V mit X in der Bedeutung von Carbonyl, einer ger-  
 adkettigen oder verzweigten Alkylengruppe mit 0 bis 10

Kohlenstoffatomen, die gegebenenfalls durch eine oder mehrere Hydroxy- oder niedere Alkoxygruppen substituiert ist, oder einer gerad- oder verzweigt-kettigen durch Sauerstoffatome unterbrochenen Alkylengruppe mit 2 bis 23 Kohlenstoffatomen,  
V in der Bedeutung von



oder  $-\text{COOR}^6$ , wobei  $\text{R}^3$  und  $\text{R}^4$  unabhängig voneinander Wasserstoff, eine gerade oder verzweigte, gegebenenfalls durch eine oder mehrere Hydroxy-, oder niedere Alkoxygruppen substituierte Alkylgruppe mit 1 bis 18 Kohlenstoffatomen oder  $\text{R}^3$  und  $\text{R}^4$  gemeinsam mit dem Stickstoffatom einen gegebenenfalls ein weiteres Heteroatom enthaltenden gesättigten Fünf- oder Sechsring und  $\text{R}^6$  Wasserstoff oder einen gesättigten, ungesättigten, gerad- oder verzweigt-kettigen oder cyclischen Kohlenwasserstoffrest mit bis zu 16 Kohlenstoffatomen oder eine Aryl- oder Aralkylgruppe darstellen,  
oder

$\text{R}^2$  oder  $\text{R}^3$  einen über eine 2 bis 20 Kohlenstoffatom enthaltende Alkylkette (K), die gegebenenfalls an Enden Carbonylgruppen trägt und gegebenenfalls durch oder mehrere Sauerstoffatome oder  $\text{R}^1$ -Carbomethyliminogruppen unterbrochen oder durch eine oder mehrere Hydroxy-, niedere Alkoxy- oder Carbomethylalkyl-Gruppen substituiert ist, gebundenen zwe Makrozyklus der Formel I'

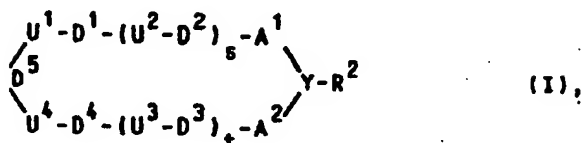


der anderer Struktur als der Grundkörper des ersten kann, oder

$\text{R}^2$  B oder  $\text{CH}_2\text{-COB}$  bedeuten, mit der Maßgabe, daß, wenn  $\text{R}^2$  für B oder  $\text{CH}_2\text{-COB}$  steht ein Wasserstoffatom bedeutet, daß mindestens zwei CO-Gruppen im Molekül vorhanden sind und daß zwei Heteroatome des Makrocyclus' jeweils über eine Alkylengruppe mindestens zwei Kohlenstoffatomen verbunden sind, im Molekül; vorhandene funktionelle Gruppen gegebenenfalls mit Makromolekülen konjugiert und gewünschten freien Carboxylgruppen mit organischen oder anorganischen Basen oder Aminosäuren und basischen Gruppen mit organischen oder organischen Säuren versetzt sind.

## PATENTANSPRÜCHE

## 1. Makrocyclische Verbindungen der allgemeinen Formel I



worin

Y ein Stickstoff- oder Phosphoratom,

A<sup>1</sup> und A<sup>2</sup> gleich oder verschieden sind und jeweils eine geradkettige oder verzweigte Alkylengruppe mit 2 bis 6 Kohlenstoffatomen,

U<sup>1</sup>, U<sup>2</sup>, U<sup>3</sup>, U<sup>4</sup> gleich oder verschieden sind und jeweils eine direkte Bindung oder eine geradkettige oder verzweigte Alkylengruppe mit 1 bis 6 Kohlenstoffatomen,

D<sup>1</sup>, D<sup>2</sup>, D<sup>3</sup>, D<sup>4</sup> gleich oder verschieden sind und jeweils ein Sauerstoff- oder Schwefelatom, eine Alkylengruppe mit 1 bis 6 Kohlenstoffatomen oder eine Gruppe N-R<sup>7</sup> mit R<sup>7</sup> in der Bedeutung eines Wasserstoffatoms, einer geradkettigen oder verzweigten Alkylenkette mit 1 bis 4 Kohlenstoffatomen, die am Ende eine COOR<sup>1</sup>-Gruppe trägt, wobei R<sup>1</sup> für ein Wasserstoffatom oder ein Metallionenäquivalent steht,

D<sup>5</sup> die für D<sup>1</sup>, D<sup>2</sup>, D<sup>3</sup> und D<sup>4</sup> angegebene Bedeutung hat sowie die Gruppe -CH- mit R<sup>5</sup> in der Bedeutung eines Wasserstoffatoms oder einer gegebenenfalls Imino-, Phenylenoxy-, Phenylenimino-, Amid-, Estergruppe(n), Sauerstoff-, Schwefel- und/oder Stickstoff-Atom(e) enthaltenden gegebenenfalls durch Hydroxy-, Mercapto-, Imino- und/oder Aminogruppe(n) substituierten geradkettigen oder verzweigten, gesättigten oder ungesättigten C<sub>1</sub>-C<sub>20</sub>-Alkylengruppe, die am Ende entweder eine funktionelle Gruppe oder gebunden über diese ein Makromolekül B aufweist,

s und t ganze Zahlen von 0 bis 5,

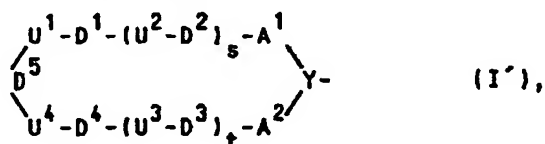
R<sup>2</sup> Wasserstoff, eine gerade oder verzweigte, gesättigte oder ungesättigte, gegebenenfalls durch eine oder mehrere Hydroxy- oder niedere Alkylgruppen substituierte Alkyl-, Acyl- oder Acylalkylgruppe mit 1 bis 16

-CH<sub>2</sub>-X-V mit X in der Bedeutung von Carbonyl, einer geradkettigen oder verzweigtkettigen Alkylengruppe mit 0 bis 10 Kohlenstoffatomen, die gegebenenfalls durch eine oder mehrere Hydroxy- oder niedere Alkoxygruppen substituiert ist, oder einer gerad- oder verzweigtkettigen durch Sauerstoffatome unterbrochenen Alkylengruppe mit 2 bis 23 Kohlenstoffatomen,

V in der Bedeutung von  $-N \begin{smallmatrix} R^3 \\ R^4 \end{smallmatrix}$  oder  $-COOR^6$ , wobei  $R^3$  und  $R^4$  unabhängig v n-

einander Wasserstoff, eine gerade oder verzweigte, gegebenenfalls durch eine oder mehrere Hydroxy- oder niedere Alkoxygruppen substituierte Alkylgruppe mit 1 bis 16 Kohlenstoffatomen oder R<sup>3</sup> und R<sup>4</sup> gemeinsam mit dem Stickstoffatom einen gegebenenfalls ein weiteres Heteroatom enthaltenden gesättigten Fünf- oder Sechsring und R<sup>6</sup> Wasserstoff oder einen gesättigten, ungesättigten, gerad- oder verzweigt-kettigen oder cyclischen Kohlenwasserstoffrest mit bis zu 16 Kohlenstoffatomen oder eine Aryl-oder Aralkylgruppe darstellen, oder

$R^2$  oder  $R^3$  einen über eine 2 bis 20 Kohlenstoffatome enthaltende Alkylkette (K), die gegebenenfalls an den Enden Carbonylgruppen trägt und gegebenenfalls durch ein oder mehrere Sauerstoffatome oder  $R^1$ -Carboxymethyliminogruppen unterbrochen oder durch eine oder mehrere Hydroxy-, niedere Alkoxy- oder Carboxy-niederalkyl-Gruppen substituiert ist, gebundenen zweiten Makrozyklus der Formel I'



der anderer Struktur als der Grundkörper des ersten sein kann,  
oder

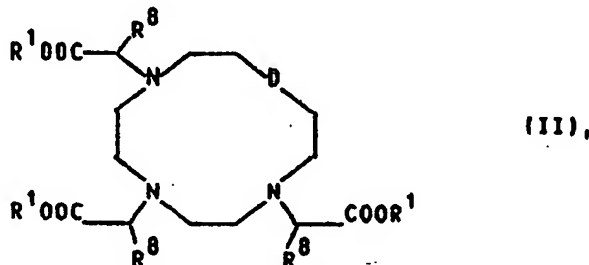
$R^2$  B oder  $CH_2-COB$  bedeuten.

mit der Maßgabe, daß, wenn  $R^2$  für B oder  $CH_2-COB$  steht,  $R^5$  ein Wasserstoffatom bedeutet, daß mindestens zwei  $COOR^1$ -Gruppen im Molekül vorhanden sind und daß zwei Heteroatome des Makrocyclus jeweils über eine Alkylengruppe mit mindestens zwei Kohlenstoffatomen verbunden sind, und im



Molekül vorhandene funktionelle Gruppen gewünschtenfalls mit Makromolekülen konjugiert und gewünschtenfalls freie Carboxylgruppen mit organischen oder anorganischen Basen oder Aminosäuren und basische Gruppen mit anorganischen oder organischen Säuren versalzt sind.

2. 1,4,7,10-Tetraazacyclododecan-Derivate der allgemeinen Formel II



worin

$R^1$  unabhängig voneinander Wasserstoff oder ein Metallionenäquivalent.

$R^8$  Wasserstoff, eine Methyl- oder Ethylgruppe.

$D$  Sauerstoff oder  $>N-R^2$

$R^2$  Wasserstoff, eine gerade oder verzweigte, gesättigte oder ungesättigte, gegebenenfalls durch eine oder mehrere Hydroxy- oder niedere Alkoxygruppen substituierte Alkyl-, Acyl- oder Acylalkylgruppe mit 1 bis 16 Kohlenstoffatomen,

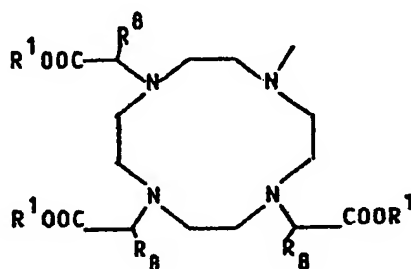
$-CH_2-X-V$  mit  $X$  in der Bedeutung von Carbonyl oder einer geradkettigen oder verzweigt-kettigen Alkylengruppe mit 0 bis 10 Kohlenstoffatomen, die gegebenenfalls durch eine oder mehrere Hydroxy- oder niedere Alkoxygruppen substituiert ist, oder einer gerad- oder verzweigt-kettigen durch Sauerstoffatome unterbrochenen Alkylengruppe mit 2 bis 23 Kohlenstoffatomen.

$V$  in der Bedeutung von  $-N \begin{smallmatrix} R^3 \\ R^4 \end{smallmatrix}$  oder  $-COOR^6$ , wobei  $R^3$  und  $R^4$  unabhängig

voneinander Wasserstoff, eine gerade oder verzweigte, gegebenenfalls durch eine oder mehrere Hydroxy- oder niedere Alkoxygruppen substituierte Alkylgruppe mit 1 bis 16 Kohlenstoffatomen oder  $R^3$  und  $R^4$  gemeinsam mit dem Stickstoffatom einen gegebenenfalls ein weiteres Heteroatom enthaltenden gesättigten Fünf- oder Sechsring und  $R^6$  Wasserstoff oder einen gesättigten, ungesättigten, gerad- oder verzweigt-kettigen oder cyclischen Kohlenwasserstoffrest mit bis zu 16 Kohlenstoffatomen oder eine Aryl- oder Aralkylgruppe darstellen.

oder

$R^2$  oder  $R^3$  einen über eine 2-20 Kohlenstoffatome enthaltende Alkylkette (K), die gegebenenfalls an den Enden Carbonylgruppen trägt und gegebenenfalls durch ein oder mehrere Sauerstoffatome oder  $R^1$ -Carboxymethyliminogruppen unterbrochen oder durch eine oder mehrere Hydroxy-, niedere Alkoxy- oder Carboxy-niederalkyl-Gruppen substituiert ist, gebundenen zweiten Makrozyklus der Formel II'



(II'),

oder  $R^2$  B oder  $CH_2-COB$  bedeuten,

und im Molekül vorhandene funktionelle Gruppen gewünschtenfalls mit Biomolekülen konjugiert und gewünschtenfalls freie Carboxylgruppen mit organischen oder anorganischen Basen oder Aminosäuren und basische Gruppen mit anorganischen oder organischen Säuren versalzt sind.

3. Verbindungen nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß  $R^1$  jeweils für ein Wasserstoffatom steht.
4. Verbindungen nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens zwei der Substituenten  $R^1$  Metallionenäquivalente mindestens eines Metalls der Ordnungszahlen 21 bis 29, 42, 44 oder 57 bis 70 sind.
5. Verbindungen nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens zwei der Substituenten  $R^1$  Metallionenäquivalente mindestens eines Radionuklids eines Elements der Ordnungszahlen 27, 29, 31, 32, 38, 39, 43, 49, 64, 70 oder 77 sind.

6. 1,4,7,10-Tetraazacyclododecan-N,N',N''-triessigsäure,

N-[2,3-Dihydroxy-N-methyl-propylcarbamoylmethyl]-1,4,7,10-tetraazacyclododecan-N',N'',N'''-triessigsäure,

N-[N-Ethylcarbamoylmethyl]-1,4,7,10-tetraazacyclododecan-N',N'',N'''-triessigsäure,

N-Acetyl-1,4,7,10-tetraazacyclododecan-N',N'',N'''-triessigsäure,

N-Ethyl-1,4,7,10-tetraazacyclododecan-N',N'',N'''-triessigsäure,

N-(2,3-Dihydroxy-1-propyl)-1,4,7,10-tetraazacyclododecan-N',N'',N'''-triessigsäure,

N-(2-Aminoethyl)-1,4,7,10-tetraazacyclododecan-N',N'',N'''-triessigsäure,

-- 1,1'-(1,3-Propylen)-bis(1,4,7,10-tetraazacyclododecan-4,7,10-triessigsäure),

Succinyl-bis(1,4,7,10-tetraazacyclododecan-4,7,10-triessigsäure),

N<sup>6</sup>-Carboxymethyl-N<sup>3</sup>,N<sup>9</sup>-bis(4,7,10-tricarboxymethyl-1,4,7,10-tetraazacyclododecan-1-yl)-carbonylmethyl-3,6,9-triazaundecandisäure,

N-(2-Hydroxyethyl)-1,4,7,10-tetraazacyclododecan-N',N'',N'''-triessigsäure,

N-Methoxyacetyl-1,4,7,10-tetraazacyclododecan-N',N'',N'''-triessigsäure,

N-[N-(2-Hydroxyethyl)-carbamoylmethyl]-1,4,7,10-tetraazacyclododecan-N',N'',N'''-triessigsäure,

N-(Morpholinocarbonylmethyl)-1,4,7,10-tetraazacyclododecan-N',N'',N'''-triessigsäure,

N-(Morpholinocarbonylmethyl)-1,4,7,10-tetraazacyclododecan-N',N'',N'''-tris-(2-methyl-essigsäure),

1-Oxa-4,7,10-triazacyclododecan-N,N',N''-triessigsäure,

1,1'-(2-Hydroxy-1,3-propylen)-bis-(1,4,7,10-tetraazacyclododecan-4,7,10-triessigsäure),

N-(Isopropylloxycarbonylmethyl)-1,4,7,10-tetraazacyclododecan-N',N'',N'''-triessigsäure,

und die Komplexe dieser Verbindungen mit paramagnetischen Metallen oder Radioisotopen.

7. Gadolinium-, Mangan- und Dysprosium-Komplexe von  
1,4,7,10-Tetraazacyclododecan-N,N',N''-triessigsäure,

-- N-[2,3-Dihydroxy-N-methyl-propylcarbamoylmethyl]-1,4,7,10-tetraazacyclododecan-N',N'',N'''-triessigsäure.

N-[N-Ethylcarbamoylmethyl]-1,4,7,10-tetraazacyclododecan-N',N'',N'''-triessigsäure,

N-Acetyl-1,4,7,10-tetraazacyclododecan-N',N'',N'''-triessigsäure,

N-Ethyl-1,4,7,10-tetraazacyclododecan-N',N'',N'''-triessigsäure,

N-(2,3-Dihydroxy-1-propyl)-1,4,7,10-tetraazacyclododecan-N',N'',N'''-triessigsäure,

N-(2-Aminoethyl)-1,4,7,10-tetraazacyclododecan-N',N'',N'''-triessigsäure,

1,1'-(1,3-Propylen)-bis(1,4,7,10-tetraazacyclododecan-4,7,10-triessigsäure),

Succinyl-bis(1,4,7,10-tetraazacyclododecan-4,7,10-triessigsäure),

$N^6$ -Carboxymethyl- $N^3, N^9$ -bis(4,7,10-tricarboxymethyl-1,4,7,10-tetraazacyclododecan-1-yl)carbonylmethyl-3,6,8-triazaundecandisäure.

N-(2-Hydroxyethyl)-1,4,7,10-tetraazacyclododecan- $N', N'', N'''$ -triessigsäure.  
N-Methoxyacetyl-1,4,7,10-tetraazacyclododecan- $N', N'', N'''$ -triessigsäure.

N-[N-(2-Hydroxyethyl)-carbamoylmethyl]-1,4,7,10-tetraazacyclododecan- $N', N'', N'''$ -triessigsäure.

N-(Morpholinocarbonylmethyl)-1,4,7,10-tetraazacyclododecan- $N', N'', N'''$ -triessigsäure.

N-(Morpholinocarbonylmethyl)-1,4,7,10-tetraazacyclododecan- $N', N'', N'''$ -triessigsäure (2-methyl-essigsäure).

1-Oxa-4,7,10-triazacyclododecan- $N, N', N''$ -triessigsäure.

-- 1,1'-(2-Hydroxy-1,3-propylen)-bis-(1,4,7,10-tetraazacyclododecan-4,7,10-triessigsäure)

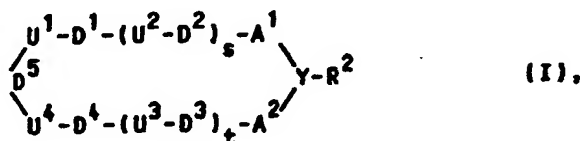
N-(Isopropylloxycarbonylmethyl)-1,4,7,10-tetraazacyclododecan- $N', N'', N'''$ -triessigsäure.

8. Pharmazeutische Mittel, enthaltend mindestens einen Metallkomplex der allgemeinen Formel I mit mindestens zwei der Substituenten  $R^1$  in der Bedeutung eines Metallionenäquivalents, gegebenenfalls mit den in der Galenik üblichen Zusätzen.

9. Verwendung der Verbindungen nach Anspruch 3 als Komplexbildner.

10. Verwendung von mindestens einem Metallkomplex der allgemeinen Formel I mit mindestens zwei der Substituenten  $R^1$  in der Bedeutung eines Metallionenäquivalents für die Herstellung von Mitteln für die NMR-, Röntgen-, Ultraschall- oder Radiodiagnostik und Radio-Therapie.

11. Verfahren zur Herstellung von makrocyclischen Verbindungen der allgemeinen Formel I



worin

Y ein Stickstoff- oder Phosphoratom,

$A^1$  und  $A^2$  gleich oder verschieden sind und jeweils eine geradkettige oder verzweigte Alkylengruppe mit 2 bis 6 Kohlenstoffatomen,

$U^1$ ,  $U^2$ ,  $U^3$ ,  $U^4$  gleich oder verschieden sind und jeweils eine direkte Bindung oder eine geradkettige oder verzweigte Alkylengruppe mit 1 bis 6 Kohlenstoffatomen,

$D^1$ ,  $D^2$ ,  $D^3$ ,  $D^4$  gleich oder verschieden sind und jeweils ein Sauerstoff- oder Schwefelatom, eine Alkylengruppe mit 1 bis 6 Kohlenstoffatomen oder eine Gruppe  $N\text{-R}^7$  mit  $R^7$  in der Bedeutung eines Wasserstoffatoms, ein r geradkettigen oder verzweigten Alkylenkette mit 1 bis 4 Kohlenstoffatomen, die am Ende eine  $\text{COOR}^1$ -Gruppe trägt, wobei  $R^1$  für ein Wasserstoffatom oder ein Metallionenäquivalent steht,

$D^5$  die für  $D^1$ ,  $D^2$ ,  $D^3$  und  $D^4$  angegebene Bedeutung hat sowie die Gruppe  $\text{-CH-}$  mit  $R^5$  in der Bedeutung eines Wasserstoffatoms oder einer gegebenenfalls Imin-, Phenyl-, Phenylimin-, Amid-, Estergruppe(n), Sauerstoff-, Schwefel- und/oder Stickstoff-Atom(en) enthaltenden gegebenenfalls durch

Hydr xy-, Mercapt -, Imino- und/oder Aminogruppe(n) substituierten geradkettigen oder verzweigten, gesättigten oder ungesättigten  $C_1$ - $C_{20}$ -Alkylengruppe, die am Ende entweder eine funktionelle Gruppe oder gebunden über diese ein Makromolekül B aufweist,

s und t ganze Zahlen von 0 bis 5,

$R^2$  Wasserstoff, eine gerade oder verzweigte, gesättigte oder ungesättigte, gegebenenfalls durch eine oder mehrere Hydroxy- oder niedere Alkoxygruppen substituierte Alkyl-, Acyl- oder Acylalkylgruppe mit 1 bis 16 Kohlenstoffatomen,

$-CH_2-X-V$  mit X in der Bedeutung von Carbonyl, einer geradkettigen oder verzweigt-kettigen Alkylengruppe mit 0 bis 10 Kohlenstoffatomen, die gegebenenfalls durch eine oder mehrere Hydroxy- oder niedere Alkoxygruppen substituiert ist, oder einer gerad- oder verzweigt-kettigen durch Sauerstoffatome unterbrochenen Alkylengruppe mit 2 bis 23 Kohlenstoffatomen,

V in der Bedeutung von  $-N \begin{matrix} R^3 \\ R^4 \end{matrix}$  oder  $-COOR^6$ , wobei  $R^3$  und  $R^4$  unabhängig von-

einander Wasserstoff, eine gerade oder verzweigte, gegebenenfalls durch eine oder mehrere Hydroxy- oder niedere Alkoxygruppen substituierte Alkylgruppe mit 1 bis 16 Kohlenstoffatomen oder  $R^3$  und  $R^4$  gemeinsam mit dem Stickstoffatom einen gegebenenfalls ein weiteres Heteroatom enthaltenden gesättigten Fünf- oder Sechsering und  $R^6$  Wasserstoff oder einen gesättigten, ungesättigten, gerad- oder verzweigt-kettigen oder cyclischen Kohlenwasserstoffrest mit bis zu 16 Kohlenstoffatomen oder eine Aryl- oder Aralkylgruppe darstellen,

oder

$R^2$  oder  $R^3$  einen über eine 2 bis 20 Kohlenstoffatome enthaltende Alkylkette (K), die gegebenenfalls an den Enden Carbonylgruppen trägt und gegebenenfalls durch ein oder mehrere Sauerstoffatome oder  $R^1$ -Carboxymethyliminogruppen unterbrochen oder durch eine oder mehrere Hydroxy-, niedere Alkoxy- oder Carboxy-niederalkyl-Gruppen substituiert ist, gebundenen zweiten Makrozyklus der Formel I'





- a) in an sich bekannter Weise mit mindestens einem Metalloxid oder Metallsalz eines Elements der Ordnungszahlen 21-29, 31, 32, 38, 39, 42-44, 49, 57-70 oder 77 umgesetzt und anschließend, falls gewünscht, vorhandene azide Wasserstoffatome mit anorganischen und/oder organischen Basen oder Aminosäuren und vorhandene basische Gruppen mit anorganischen oder organischen Säuren in physiologisch verträgliche Salze überführt,  
oder
- b) in an sich bekannter Weise mit mindestens einem Metalloxid oder Metallsalz eines Elements der Ordnungszahlen 21-29, 31, 32, 38, 39, 42-44, 49, 57 bis 70 oder 77 umgesetzt und anschließend die so erhaltenen Metallkomplexe in an sich bekannter Weise über im Molekül enthaltene funktionelle Gruppen oder an  $R^2$  bzw. an die in  $R^2$  enthaltene CO-Gruppe ein Makromolekül bindet und, falls gewünscht, vorhandene azide Wasserstoffatome mit anorganischen und/oder organischen Basen oder Aminosäuren und vorhandene basische Gruppen mit anorganischen oder organischen Säuren in physiologisch verträgliche Salze überführt,  
oder
- c) in an sich bekannter Weise über die im Molekül enthaltenen funktionellen Gruppen oder an  $R^2$  bzw. an die in  $R^2$  enthaltene CO-Gruppe ein Makromolekül bindet und anschließend in an sich bekannter Weise mit mindestens einem Metalloxid oder Metallsalz eines Elements der Ordnungszahlen 21-29, 31, 32, 38, 39, 42-44, 49, 57-70 oder 77 umgesetzt und anschließend, falls gewünscht, vorhandene azide Wasserstoffatome mit anorganischen und/oder organischen Basen oder Aminosäuren und vorhandene basische Gruppen mit anorganischen oder organischen Säuren in physiologisch verträgliche Salze überführt.

12. Verfahren zur Herstellung der pharmazeutischen Mittel gemäß Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß man die in Wasser oder physiologischer Salzlösung gelöste oder suspendierte Komplexverbindung, gegebenenfalls mit den in der Galenik üblichen Zusätzen in eine für die enterale oder parenterale Applikation geeignete Form bringt.

Die Erfindung betrifft den in den Patentansprüchen gekennzeichneten Gegenstand d.h. makrocyclische Komplexbildner, Komplexe und Komplexsalze, diese Verbindungen enthaltende Mittel, ihre Verwendung als Diagnostika und Therapeutika sowie Verfahren zur Herstellung dieser Verbindungen und Mittel.

Metallkomplexe sind schon zu Beginn der 50er Jahre als Kontrastmittel für die Radiologie in Betracht gezogen worden. Die damals eingesetzten Verbindungen waren aber derart toxisch, daß eine Verwendung beim Menschen nicht in Betracht kam. Es war daher durchaus überraschend, daß sich bestimmte Komplexsalze als ausreichend verträglich erwiesen haben, so daß eine routinemäßige Anwendung am Menschen für diagnostische Zwecke in Erwägung gezogen werden konnte. Als erster Vertreter dieser Substanzklasse hat sich das in der europäischen Patentanmeldung mit der Publikationsnummer 71564 beschriebene Dimegluminsalz des Gd DTPA (Gadolinium-III-Komplex der Diethylentriaminpentaessigsäure) als Kontrastmittel für die Kernspintomographie bisher in der klinischen Prüfung an über 1.000 Patienten sehr gut bewährt. Der Schwerpunkt der Anwendung liegt bei Erkrankungen des Zentralnervensystems.

Ein wesentlicher Grund für die gute Verträglichkeit von Gd DTPA in der klinischen Anwendung liegt in der hohen Wirksamkeit bei der Kernspintomographie, insbesondere bei vielen Hirntumoren. Wegen seiner guten Wirksamkeit kann Gd DTPA mit 0,1 mmol/kg Körpergewicht sehr viel niedriger dosiert werden als beispielsweise Röntgenkontrastmittel in vielen Röntgenuntersuchungen.

Als weiterer Vertreter der Komplexsalze hat sich das in der deutschen Patentanmeldung 34 01 052 beschriebene Megluminsalz des Gd DOTA (Gadolinium-III-Komplex der 1,4,7,10-Tetraazacyclododecan-tetraessigsäure) für diagnostische Zwecke bewährt.

Nun besteht aber der Wunsch, Chelate auch höher dosiert einzusetzen. Das ist besonders zum Nachweis bestimmter Erkrankungen außerhalb des Zentralnervensystems mit Hilfe der Kernspintomographie (NMR-Diagnostik), ganz besonders aber bei der Verwendung von Chelaten als Röntgenkontrastmittel, der Fall.

Chelate können im Vergleich zu jodierten Röntgenkontrastmitteln eine Reihe von Vorteilen bieten:

- a) Strahlenabsorption im höherenergetischen Bereich, damit Verminderung der Strahlenbelastung für den Patienten und Verbesserung der Voraussetzungen für die Energiesubtraktionsmethode.
- b) Vermeidung der als "Kontrastmittelreaktionen" bekannten, unvorhersehbaren, zum Teil sogar lebensbedrohenden oder tödlichen sogenannten "allergieartigen" oder kardiovaskulären Nebenwirkungen der jodierten heutigen Röntgenkontrastmittel.

Voraussetzung dafür sind:

- hohe Konzentration strahlenabsorbierender Elemente in der Lösung (Röntgen) bzw. starke Beeinflussung der NMR-Signale
- eine für die Diagnostik geeignete Pharmakokinetik
- sehr feste Bindung der Metallionen in ausscheidbaren Komplexen auch unter in-vivo-Bedingungen

- gute Verträglichkeit der hochkonzentrierten, hochdosierten Komplexlösung
- geringes allergoides Potential aller Bestandteile des Kontrastmittels
- hohe Stabilität und Lagerfähigkeit der chemischen Bestandteile der Kontrastlösung.

Diese Anforderungen gelten in unterschiedlichem Maße und in unterschiedlicher Weise, aber grundsätzlich für alle Anwendungen der genannten Komplexe in der in-vivo-Diagnostik sowie zum Teil in der Therapie.

Die erfindungsgemäßen Substanzen und die aus ihnen bereiteten Lösungen erfüllen die genannten Anforderungen in Überraschender Weise. Sie besitzen eine starke und durch die Wahl geeigneter Metallatome an die jeweiligen Prinzipien der diagnostischen oder therapeutischen Methode (Röntgen, NMR, Ultraschall, Nuklearmedizin) anpassungsfähige Wirksamkeit.

Die erfindungsgemäßen Substanzen kommen zur Anwendung:

1. Für die NMR-Diagnostik in Form ihrer Komplexe mit den Ionen der Übergangsmetalle der Ordnungszahlen 21 bis 29, 42 und 44.
2. Für die NMR- und Röntgendiagnostik in Form ihrer Komplexe mit den Ionen der Lanthaniden-Elemente der Ordnungszahlen 57 bis 70.
3. Für die Ultraschall-Diagnostik eignen sich sowohl diejenigen Substanzen, die zur Anwendung in der NMR-Diagnostik als auch jene, die zur Anwendung in der Röntgen-Diagnostik bestimmt sind.
4. Für die Radiodiagnostik und Radiotherapie in Form ihrer Komplexe mit den Radioisotopen der Elemente der Ordnungszahlen 27, 29, 31, 32, 38, 39, 43, 49, 62, 64, 70 oder 77.

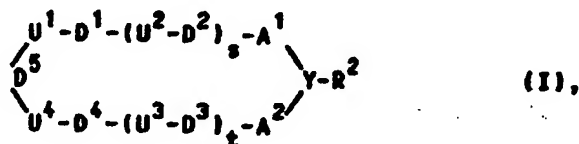
Auch ohne spezifische Maßnahmen erlaubt ihre Pharmakokinetik die Verbesserung der Diagnose zahlreicher Erkrankungen. Die Komplexe werden zum größten Teil unverändert und rasch wieder ausgeschieden, so daß insbesondere im Falle der Verwendung relativ toxischer Metallionen als Wirkprinzip trotz hoher Dosierung keine auf das Metall zurückzuführenden schädlichen Wirkungen beobachtet werden.

Die praktische Anwendung der neuen Komplexe und Komplexbildner wird auch durch deren ausreichende, oft sogar sehr gute chemische Stabilität erleichtert.

Ein weiterer wesentlicher Vorteil der beschriebenen Komplexe und Komplexbildner ist deren außerordentliche chemische Vielseitigkeit. Neben dem Zentralatom lassen sich die Eigenschaften durch die Wahl vielfältiger Substituenten und/oder Salzbildner den Anforderungen an Wirksamkeit, Pharmakokinetik, Verträglichkeit, Handhabbarkeit usw. anpassen. So kann eine in der Diagnostik und Therapie sehr erwünschte Spezifität der Verbindungen für Strukturen im Organismus, für bestimmte biochemische Substanzen, für Stoffwechselvorgänge, für Zustände der Gewebe oder Körperflüssigkeiten, insbesondere durch die Kopplung an biologische Substanzen oder an Substanzen, die eine Interaktion mit biologischen Systemen aufweisen, erzielt werden. Solche für die Kopplung geeigneten Substanzen können niedermolekular (zum Beispiel Glucose, Aminosäuren, Fettsäuren, Gallensäuren, Porphyrine) oder hochmolekular (Polysaccharide, Proteine, Antikörper usw.) sein oder auch körperfremde Strukturen darstellen, die sich aber in spezifischer Weise im Körper verteilen oder mit Bestandteilen des Körpers reagieren. Die Nutzung derartiger Prinzipien wird umso eher möglich sein, je empfindlicher das Nachweisverfahren für ein Diagnostikum ist oder je wirksamer ein zum Beispiel radioaktiv markierter Komplex in der Therapie ist.

Die erfindungsgemäßen Substanzen können in Form ihrer Komplexe mit Radi isotopen, wie zum Beispiel  $^{192}\text{Ir}$ , auch in der Radiotherapie eingesetzt werden. Weiterhin sind die erfindungsgemäßen Komplexbildner selbst oder in Form schwacher Komplexe mit vorzugsweise körpereigenen Ionen ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{2+/3+}$ ) zur Therapie von Schwermetallvergiftungen oder bestimmten Speicherkrankheiten geeignet.

Die erfindungsgemäßen makrocyclischen Verbindungen werden durch die allgemein Formel I gekennzeichnet:



worin

Y ein Stickstoff- oder Phosphoratom.

$\text{A}^1$  und  $\text{A}^2$  gleich oder verschieden sind und jeweils eine geradkettige oder verzweigte Alkylengruppe mit 2 bis 6 Kohlenstoffatomen,

$\text{U}^1$ ,  $\text{U}^2$ ,  $\text{U}^3$ ,  $\text{U}^4$  gleich oder verschieden sind und jeweils eine direkte Bindung oder eine geradkettige oder verzweigte Alkylengruppe mit 1 bis 6 Kohlenstoffatomen,

$\text{D}^1$ ,  $\text{D}^2$ ,  $\text{D}^3$ ,  $\text{D}^4$  gleich oder verschieden sind und jeweils ein Sauerstoff- oder Schwefelatom, eine Alkylengruppe mit 1 bis 6 Kohlenstoffatomen oder eine Gruppe  $\text{N}-\text{R}^7$  mit  $\text{R}^7$  in der Bedeutung eines Wasserstoffatoms, einer geradkettigen oder verzweigten Alkylenkette mit 1 bis 4 Kohlenstoffatomen, die am Ende eine  $\text{COOR}^1$ -Gruppe trägt, wobei  $\text{R}^1$  für ein Wasserstoffatom oder ein Metallionäquivalent steht,

$\text{D}^5$  die für  $\text{D}^1$ ,  $\text{D}^2$ ,  $\text{D}^3$  und  $\text{D}^4$  angegebene Bedeutung hat sowie die Gruppe  $-\text{CH}-$  mit  $\text{R}^5$  in der Bedeutung eines Wasserstoffatoms oder einer gegebenenfalls Imino-, Phenylenoxy-, Phenylenimino-, Amid-, Estergruppe(n), Sauerstoff-, Schwefel- und/oder Stickstoff-Atom(e) enthaltenden gegebenenfalls durch Hydroxy-, Mercapto-, Imino- und/oder Aminogruppe(n) substituierten geradkettigen oder verzweigten, gesättigten oder ungesättigten  $\text{C}_1$ - $\text{C}_{20}$ -Alkylgruppe, die am Ende entweder eine funktionelle Gruppe oder gebunden über diese in Makromolekül B aufweist,

s und t ganze Zahlen von 0 bis 5,

$R^2$  Wasserstoff, eine gerad oder verzweigte, gesättigte oder ungesättigte, gegebenenfalls durch eine oder mehrere Hydroxy- oder niedere Alkoxygruppen substituierte Alkyl-, Acyl- oder Acylalkylgruppe mit 1 bis 16 Kohlenstoffatomen,

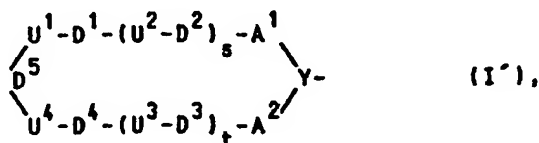
$-CH_2-X-V$  mit X in der Bedeutung von Carbonyl, einer geradkettigen oder verzweigt-kettigen Alkylengruppe mit 0 bis 10 Kohlenstoffatomen, die gegebenenfalls durch eine oder mehrere Hydroxy- oder niedere Alkoxygruppen substituiert ist, oder einer gerad- oder verzweigt-kettigen durch Sauerstoffatome unterbrochenen Alkylengruppe mit 2 bis 23 Kohlenstoffatomen,

V in der Bedeutung von  $-N \begin{matrix} R^3 \\ R^4 \end{matrix}$  oder  $-COOR^6$ , wobei  $R^3$  und  $R^4$  unabhängig von-

einander Wasserstoff, eine gerade oder verzweigte, gegebenenfalls durch eine oder mehrere Hydroxy- oder niedere Alkoxygruppen substituierte Alkylgruppe mit 1 bis 16 Kohlenstoffatomen oder  $R^3$  und  $R^4$  gemeinsam mit dem Stickstoffatom einen gegebenenfalls ein weiteres Heteroatom enthaltenden gesättigten Fünf- oder Sechsring und  $R^6$  Wasserstoff oder einen gesättigten, ungesättigten, gerad- oder verzweigt-kettigen oder cyclischen Kohlenwasserstoffrest mit bis zu 16 Kohlenstoffatomen oder eine Aryl- oder Aralkylgruppe darstellen,

oder

$R^2$  oder  $R^3$  einen über eine 2 bis 20 Kohlenstoffatome enthaltende Alkylkette (K), die gegebenenfalls an den Enden Carbonylgruppen trägt und gegebenenfalls durch ein oder mehrere Sauerstoffatome oder  $R^1$ -Carboxymethyliminogruppen unterbrochen oder durch eine oder mehrere Hydroxy-, niedere Alkoxy- oder Carboxy-niederalkyl-Gruppen substituiert ist, gebundenen zweiten Makrozyklus der Formel I'



der anderer Struktur als der Grundkörper des ersten sein kann,

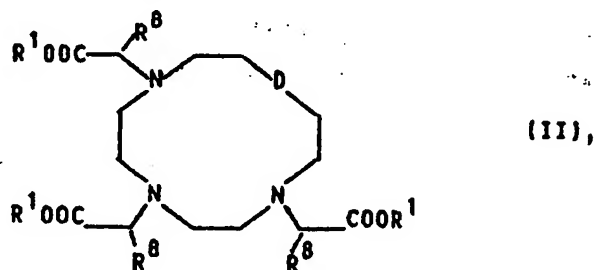
oder

$R^2$  B oder  $CH_2-COB$  bedeuten,

mit der Maßgabe, daß, wenn  $R^2$  für B oder  $CH_2-COB$  steht,  $R^5$  ein Wasserstoffatom bedeutet, daß mindestens zwei  $COOR^1$ -Gruppen im Molekül vorhanden sind und daß zwei Heteroatome des Makrocyclus jeweils über eine Alkylengruppe mit mindestens zwei Kohlenstoffatomen verbunden sind, und im

M lekül vorhand ne funktionelle Gruppen gewünschtenfalls mit Makromolekülen konjugiert und gewünschtenfalls freie Carboxylgruppen mit organischen oder anorganischen Basen oder Aminosäuren und basische Gruppen mit anorganischen oder organischen Säuren versalzt sind.

Bevorzugt sind 1,4,7,10-Tetraazacyclododecan-Derivate der allgemeinen Formel II



worin

$R^1$  unabhängig voneinander Wasserstoff oder ein Metallionenäquivalent,

$R^8$  Wasserstoff, eine Methyl- oder Ethylgruppe,

D Sauerstoff oder  $>N-R^2$

$R^2$  Wasserstoff, eine gerade oder verzweigte, gesättigte oder ungesättigte, gegebenenfalls durch eine oder mehrere Hydroxy- oder niedere Alkoxygruppen substituierte Alkyl-, Acyl- oder Acylalkylgruppe mit 1 bis 16 Kohlenstoffatomen,

$-CH_2-X-V$  mit X in der Bedeutung von Carbonyl oder einer geradkettigen oder verzweigt-kettigen Alkylengruppe mit 0 bis 10 Kohlenstoffatomen, die gegebenenfalls durch eine oder mehrere Hydroxy- oder niedere Alkoxygruppen substituiert ist, oder einer gerad- oder verzweigt-kettigen durch Sauerstoffatome unterbrochenen Alkylengruppe mit 2 bis 23 Kohlenstoffatomen,

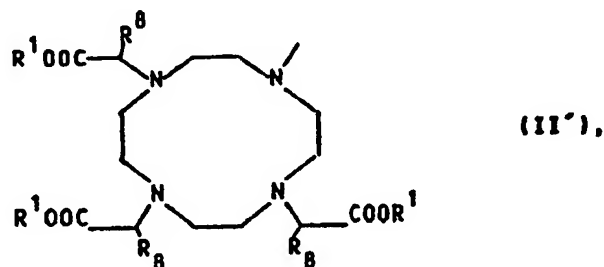
V in der Bedeutung von  $-N \begin{matrix} R^3 \\ R^4 \end{matrix}$  oder  $-COOR^6$ , wobei  $R^3$  und  $R^4$  unabhängig

voneinander Wasserstoff, eine gerade oder verzweigte, gegebenenfalls durch eine oder mehrere Hydroxy- oder niedere Alkoxygruppen substituierte Alkylgruppe mit 1 bis 16 Kohlenstoffatomen oder  $R^3$  und  $R^4$  gemeinsam mit dem Stickstoffatom einen gegebenenfalls ein weiteres Heteroatom enthaltenden gesättigten Fünf- oder Sechsering, und  $R^6$  Wasserstoff oder einen gesättigten, ungesättigten, gerad- oder verzweigt-kettigen oder cyclischen Kohlenwasserstoffrest mit bis zu 16 Kohlenstoffatomen oder eine Aryloder Aralkylgruppe darstellen.



oder

$R^2$  oder  $R^3$  einen über eine 2-20 Kohlenstoffatome enthaltende Alkylkette, die gegebenenfalls an den Enden Carbonylgruppen trägt und gegebenenfalls durch ein oder mehrere Sauerstoffatome oder  $R^1$ -Carboxymethyliminogruppen unterbrochen oder durch eine oder mehrere Hydroxy-, niedere Alkoxy- oder Carboxy-niederalkyl-Gruppen substituiert ist, gebundenen zweiten Makrozyklus der Formel II'



oder  $R^2$  B oder  $CH_2-COB$  bedeuten,

und im Molekül vorhandene funktionelle Gruppen gewünschtenfalls mit Biomolekülen konjugiert und gewünschtenfalls freie Carboxylgruppen mit organischen oder anorganischen Basen oder Aminosäuren und basische Gruppen mit anorganischen oder organischen Säuren versalzt sind.

Verbindung n der allg. meinen Formel I mit  $R^1$  in der Bedeutung von Wasserstoff werden als Komplexbildner und mit mindestens zwei der Substituenten  $R^1$  in der Bedeutung eines Metallionenäquivalents werden als Metallkomplexe bezeichnet.

Wenn  $R^2$  für eine Alkyl-, Acyl- oder Acylalkylengruppe mit 1-16 Kohlenstoffatomen steht, kann diese gerade oder verzweigt, gesättigt oder ungesättigt und gegebenenfalls durch eine oder mehrere Hydroxy- oder niedere Alkoxygruppen substituiert sein.

Niedere Alkoxygruppen sollen 1 bis 4 Kohlenstoffatome enthalten und insbesondere Methoxy- und Ethoxygruppen umfassen.

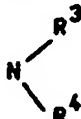
Als Alkylsubstituenten  $R^2$ ,  $R^3$ ,  $R^4$  bzw.  $R^6$  kommen gesättigte, ungesättigte, gerad- oder verzweigt-kettige oder cyclische Kohlenwasserstoffe mit bis zu 16 C-Atomen, vorzugsweise gesättigte Kohlenwasserstoffe in Betracht, die im Fall von  $R^2$ ,  $R^3$  und  $R^4$  gegebenenfalls durch 1 bis 5 Hydroxy- oder niedere Alkoxygruppen substituiert sind.

Niedere Alkoxygruppen sollen jeweils 1 bis 4 Kohlenstoffatome enthalten und insbesondere Methoxy- und Ethoxygruppen umfassen.

Als gegebenenfalls substituierte Alkylgruppen seien beispielsweise die Methyl-, Ethyl-, 2-Hydroxyethyl-, 2-Hydroxy-1-(hydroxymethyl)-ethyl-, 1-(Hydroxymethyl)-ethyl-, Propyl-, Isopropenyl-, 2- und 3-Hydroxypropyl-, 2,3-Dihydroxypropyl-, Butyl-, Isobutenyl-, 2-, 3-, 4-Hydroxybutyl-, 2-, 3- und 4-Hydroxy-2-methylbutyl-, 2- und 3-Hydroxy-isobutyl-, 2,3,4-Trihydroxybutyl- und 2-Methoxyethylgruppe, als gegebenenfalls substituierte Acylgruppen beispielsweise die Acetyl-, Methoxyacetyl-, Propionyl-, 2-Hydroxypropionyl-, Butyryl-, 2,3-Dihydroxybutyryl-, Benzoyl- und Valerylgruppe, als gegebenenfalls substituierte Acylalkylgruppen beispielsweise die Phenacyl- oder p-Phenylphenacylgruppe, die im Phenylring z.B. alkyl- oder halogensubstituiert sein kann, die Acetonyl-, 2-Oxobutyl-, 2-Oxopentyl-, 2-Oxohexylgruppe genannt.

Bevorzugt sind unsubstituierte Alkylgruppen mit 1 bis 7 Kohlenstoffatomen, wie zum Beispiel die Methyl-, Ethyl-, n-Propyl-, Isopropyl-, n-Butyl-, Isobutyl-, Pentyl- und Hexylgruppe. Ferner sind bevorzugt mono- und polyhydroxysubstituierte Alkylgruppen mit 2 bis 7 Kohlenstoffatomen und 1 bis 5, vorzugsweise 1 bis 4 Hydroxygruppen, wie zum Beispiel 2- und 3-Hydroxypropyl, 1,3-Dihydroxyisopropyl, 1-(Hydroxymethyl)-ethyl, Bis und Tris(hydroxymethyl)methyl, 2,3-Dihydroxy-1-hydroxymethylpropyl, 2,3,4,5,6-Pentahydroxyhexyl und vorzugsweise 2-Hydroxy-ethyl, 2-Hydroxy-1(hydroxymethyl)-ethyl, 2,3-Dihydroxypropyl und 2,3,4-Trihydroxybutyl. Weiterhin sind bevorzugt Acylgruppen mit 1-7 C-Atomen und gegebenenfalls mit 1-4 Hydroxygruppen.

Wenn  $R^3$  und  $R^4$  gemeinsam mit dem Stickstoffatom einen gegebenenfalls ein weiteres Heterostom enthaltenden gesättigten Fünf- oder Sechsring darstellen, steht



vorzugsweise für Pyrrolidin, Piperidin, Morpholin oder Piperazin.

Steht  $R^6$  für eine Aryl- oder Aralkylgruppe, so ist die Phenyl bzw. Benzylgruppe bevorzugt.

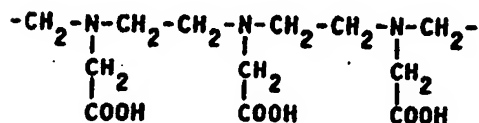
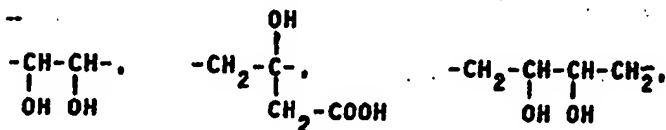
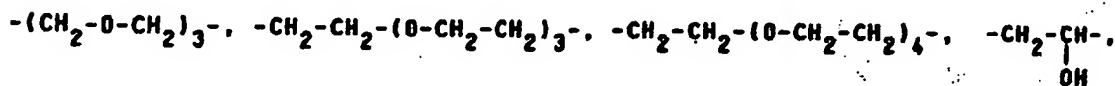
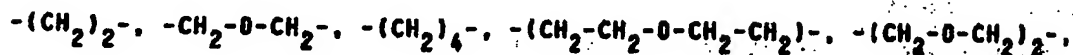
Steht  $R^7$  für eine am Ende eine  $COOR^1$ -Gruppe enthaltende geradkettige oder verzweigte Alkylkette, so umfaßt diese 1 bis 4 Kohlenstoffatome; bevorzugt ist die Methylengruppe.

Die Alkylkette (K), an die der zweite Makrocyclus I' gebunden ist, trägt an den Enden gegebenenfalls Carbonylgruppen ( $-CO-K-CO-$ ) und enthält 2 bis 20 C-Atome. Sie kann durch ein oder mehrere Sauerstoffatom(e) oder Carboxymethyliminogruppen unterbrochen und durch eine oder mehrere Hydroxy-, niedere Alkyl- oder Carboxyniederalkylgruppe(n) substituiert sein.

Nieder Alkoxy- und Niederalkylgruppen sollen jeweils 1 bis 4 Kohlenstoffatome enthalten und insbesondere Methoxy-, Ethoxy-, Methyl- und Ethylgruppen umfassen.

K als gerad- oder verzweigt-kettiges Alkyl, das gegebenenfalls durch ein oder mehrere Sauerstoffatome oder Carboxymethyliminogruppen unterbrochen und gegebenenfalls wie beschrieben substituiert ist, kann 2 bis 20 Kohlenstoffatome enthalten und gegebenenfalls 1 bis 4 Sauerstoffatome oder 1 bis 3 Carboxymethyliminogruppen. Ferner kann die Alkylkette K mit 1 bis 5 Hydroxy-, Alkoxy- oder Carboxy-niederalkylgruppen substituiert sein.

Beispiele für K sind:

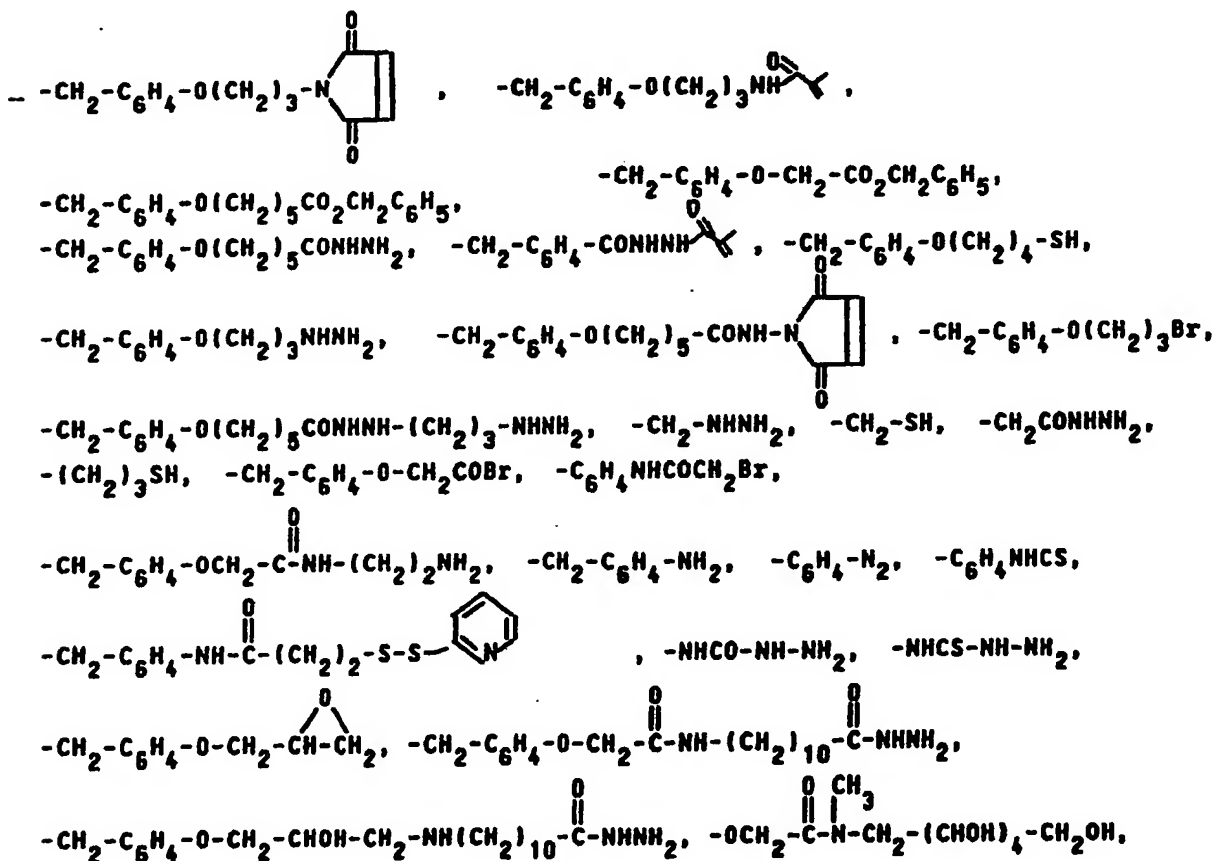


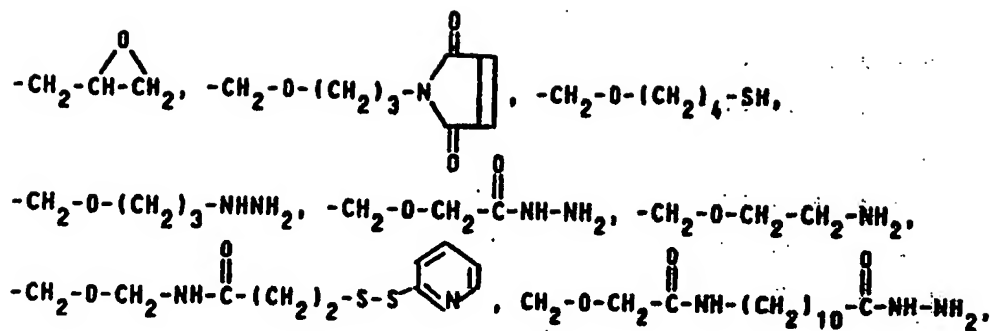
Wenn X eine Alkylengruppe mit 0-10 Kohlenstoffatomen darstellt, sind die direkte Bindung (0 C-Atome) oder die Methylengruppe (1 C-Atom) bevorzugt.

Die in  $R^5$  enthaltene Alkylengruppe kann geradkettig, verzweigt, cyclisch, aliphatisch, aromatisch oder arylaliphatisch sein und bis zu 20 Kohlenstoffatome aufweisen. Bevorzugt sind geradkettige Mono- bis Hexamethylengruppen sowie  $C_1$ - $C_4$ -Alkylphenylgruppen. Enthält die Alkylengruppe eine Phenoxygruppe, so ist diese bevorzugt p-ständig über eine Methylengruppe an die -CH-Gruppe des Grundgerüsts der Verbindung der allgemeinen Formel I gebunden.

Bevorzugte funktionelle Gruppen, die sich am Ende der  $R^5$  Alkylengruppe befinden, sind beispielsweise die Benzylester-, Ethylester-, t-Butylester-, Amino-,  $C_1$ - $C_6$ -Alkylamino-, Aminocarbonyl-, Hydrazino-, Hydrazinocarbonyl-, Maleimido-, Methacrylamido-, Methacryloylhydrazinocarbonyl-, Maleimidamidocarbonyl-, Halogeno-, Mercapto-, Hydrazinotrimethylenhydrazinocarbonyl-, Aminodimethylenamidocarbonyl-, Bromcarbonyl-, Phenylendiazonium-, Isothiocyanat-, Semicarbazid-, Thiosemicarbazid-Gruppe.

Zur Verdeutlichung seien einige ausgewählte  $R^5$ -Substituenten aufgeführt:





Wenn nicht alle aziden Wasserstoffatome durch das Zentralion substituiert werden, können ein, mehrere oder alle verbleibenden Wasserstoffatom(e) durch Kationen anorganischer und/oder organischer Basen oder Aminosäuren ersetzt sein. Geeignete anorganische Kationen sind beispielsweise das Lithiumion, das Kaliumion, das Calciumion und insbesondere das Natriumion. Geeignete Kationen organischer Basen sind unter anderem solche von primären, sekundären oder tertiären Aminen, wie zum Beispiel Ethanolamin, Diethanolamin, Morpholin, Glucamin, N,N-Dimethylglucamin und insbesondere N-Methylglucamin. Geeignete Kationen von Aminosäuren sind beispielsweise die des Lysins, des Arginins und des Ornithins.

Die Komplexe rbindungen können auch an Makromoleküle geknüpft sein, von denen bekannt ist, daß sie sich in dem zu untersuchenden Organ oder Organteil besonders anreichern. Solche Makromoleküle sind beispielsweise Hormone, Dextrane, Polysaccharide, Polychelone, Hydroxyethylstärke, Polyethylenglycol, Desferrioxamine, Bleomycine, Insulin, Prostaglandine, Steroidhormone, Aminosucker, Aminosäuren, Peptide, wie Polylysin, Proteine (wie z.B. Immunoglobuline und monoklonale Antikörper) oder Lipide (auch in Form von Liposomen). Besonders hervorzuheben sind Konjugate mit Albuminen, wie Humanserumalbumin, Antikörpern, wie z. B. monoklonale für tumorassoziierte Antigene spezifische Antikörper oder Anti—

Für Leberuntersuchungen bzw. für die Tumordiagnostik eignen sich beispielsweise Konjugate oder Einschlußverbindungen mit Liposomen (die beispielsweise als unilamellare oder multilamellare Phosphatidylcholin-Cholesterol-Vesikel eing. setzt werden).

$$\begin{array}{c} \text{U}^1 - \text{D}^{1'} - (\text{U}^2 - \text{D}^{2'})_s - \text{A}^1 \\ \diagdown \quad \diagup \\ \text{D}^5 \quad \text{Y} - \text{R}^{2'} \\ \diagup \quad \diagdown \\ \text{U}^4 - \text{D}^{4'} - (\text{U}^3 - \text{D}^{3'})_t - \text{A}^2 \end{array} \quad (\text{III}).$$

Y, A<sup>1</sup>, A<sup>2</sup>, U<sup>1</sup>, U<sup>2</sup>, U<sup>3</sup>, U<sup>4</sup>, s und t die oben genannte Bedeutung haben, D<sup>1'</sup>, D<sup>2'</sup>, D<sup>3'</sup> und D<sup>4'</sup> die gleiche Bedeutung wie D<sup>1</sup>, D<sup>2</sup>, D<sup>3</sup> und D<sup>4</sup> haben, jedoch anstelle der COOR<sup>1</sup>-Gruppe die COOZ-Gruppe mit Z in der Bedeutung einer Carboxylschutzgruppe enthalten.

Gruppe  $\text{-CH-}$  mit  $\text{R}^{5'}$  in der Bedeutung von  $\text{R}^5$ , jedoch ohne ein Makromolekül B aufzuweisen, bedeutet, und  $\text{R}^{2'}$  die für  $\text{R}^2$  angegebene Bedeutung hat, jedoch nicht für ein Makromolekül B oder die Gruppe  $\text{CH}_2\text{-COB}$  stehen soll.

di Schutzgruppen Z abspaltet und die so erhaltenen Säuren ( $R^1$  der allgemeinen Formel I steht für Wasserstoff) gewünschtenfalls

- a) in an sich bekannter Weise mit mindestens einem Metalloxid oder Metallsalz eines Elements der Ordnungszahlen 21-29, 31, 32, 38, 39, 42-44, 49, 57-70 oder 77 umgesetzt und anschließend, falls gewünscht, vorhandene azide Wasserstoffatome mit anorganischen und/oder organischen Basen oder Aminosäuren und vorhandene basische Gruppen mit anorganischen oder organischen Säuren in physiologisch verträgliche Salze überführt,  
oder
- b) in an sich bekannter Weise mit mindestens einem Metalloxid oder Metallsalz eines Elements der Ordnungszahlen 21-29, 31, 32, 38, 39, 42-44, 49, 57 bis 70 oder 77 umgesetzt und anschließend die so erhaltenen Metallkomplexe in an sich bekannter Weise über die im Molekül enthaltene funktionelle Gruppen oder an  $R^2$  bzw. an die in  $R^2$  enthaltene CO-Gruppe ein Makromolekül bindet und, falls gewünscht, vorhandene azide Wasserstoffatome mit anorganischen und/oder organischen Basen oder Aminosäuren und vorhandene basische Gruppen mit anorganischen oder organischen Säuren in physiologisch verträgliche Salze überführt,  
oder
- c) in an sich bekannter Weise über die im Molekül enthaltenen funktionellen Gruppen oder an  $R^2$  bzw. an die in  $R^2$  enthaltene CO-Gruppe ein Makromolekül bindet und anschließend in an sich bekannter Weise mit mindestens einem Metalloxid oder Metallsalz eines Elements der Ordnungszahlen 21-29, 31, 32, 38, 39, 42-44, 49, 57-70 oder 77 umgesetzt und anschließend, falls gewünscht, vorhandene azide Wasserstoffatome mit anorganischen und/oder organischen Basen oder Aminosäuren und vorhandene basische Gruppen mit anorganischen oder organischen Säuren in physiologisch verträgliche Salze überführt.



Als Carboxylschutzgruppen Z kommen niedere Alkyl-, Aryl- und Aralkylgruppen infrage, beispielsweise die Methyl-, Ethyl-, Propyl-, Butyl-, Phenyl-, Benzyl-, Diphenylmethyl-, Triphenylmethyl-, bis(p-Nitrophenyl)-methylgruppe sowie Trialkylsilylgruppen.

Die Abspaltung der Schutzgruppen Z erfolgt in an sich bekannter Weise, beispielsweise durch Hydrolyse, alkalische Verseifung der Ester, vorzugsweis mit Alkali in wäßrig-alkoholischer Lösung bei Temperaturen von 0 bis 50 °C der im Falle von z. B. tert.-Butylestern mit Hilfe von Trifluoressigsäure.

Die Herstellung der Edukte erfolgt durch Cyclisierung zweier Reaktanten, von denen der eine  $R^{5'}$ -substituiert ist, wobei  $R^{5'}$  für einen Substituenten, der in  $R^5$  umgewandelt werden kann steht; die so erhaltenen cyclischen Verbindungen werden anschließend gegebenenfalls nach Abspaltung von Schutzgruppen, zur Einführung des Substituenten  $R^2$  mit Halogenalkanen, -estern, -säuren, -ketonen, Acylhalogeniden oder -anhydriden umgesetzt.

Die Cyclisierung wird nach literaturbekannten Methoden, (zum Beispiel Org. Synth. 58,86 (1978), Makrocyclic Polyether Syntheses, Springer Verlag Berlin, Heidelberg, New York 1982, Coord.Chem.Rev. 3,3 (1968), Ann. Chem. 1976,916) durchgeführt: einer der beiden Reaktanten trägt am Kettenende zwei Fluchtgruppen, der andere zwei Nukleophile, die diese Fluchtgruppen verdrängen. Als Beispiel seien genannt die Umsetzung von endständigen, gegebenenfalls Heteroatome enthaltenden, Dibrom-, Dimesyloxy-, Ditosyloxy- oder Dialkoxycarbonylalkyl n-Verbindungen mit endständigen, gegebenenfalls zusätzliche Heteroatome in der Alkylenkette enthaltenden Diazaalkylenverbindungen, von denen einer der beiden Reaktanten  $R^{5'}$ -substituiert ist.

Vorhandene Stickstoffatome sind gegebenenfalls geschützt, zum Beispiel als Tosylate, und werden vor der nachfolgenden Alkylierungsreaktion nach literaturbekannten Verfahren freigesetzt.

Werden Diester in die Cyclisierungsreaktion eingesetzt, so müssen die so erhaltenen Diketoverbindungen nach dem Fachmann bekannten Verfahren, zum Beispiel mit Diboran, reduziert werden.

Die nachfolgende Alkylierung erfolgt mit Halogenketonen, -estern, -säuren oder -alkanen, die durch eine oder mehrere Hydroxy- oder niedere Alkoxygruppen substituiert sein können und gegebenenfalls Sauerstoffatom(e) in der Kette enthalten. Ferner kann der Alkylrest auch eine endständige Aminogruppe enthalten.

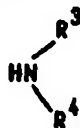
Wenn die Alkylierung mit einem dihalogenierten Alkan erfolgt, entstehen Verbindungen der allgemeinen Formel III mit zwei über eine Kohlenstoffbrücke verbundenen makrocyclischen Ringen.

Weitere literaturbekannte Verfahren zur Synthese von Verbindungen mit mehr als einem Ring sind zum Beispiel Reaktionen einesamins mit einer Carbonylverbindung (zum Beispiel Säurechlorid, gemischtes Anhydrid, aktivierter Ester, Aldehyd); zweier aminsubstituierter Ringe mit einer Dicarboxylverbindung (zum Beispiel Oxalylchlorid, Glutardialdehyd); zweier Ringe, die je eine nukleophile Gruppe aufweisen, mit einer zwei Fluchtgruppen tragenden Alkylenverbindung; im Falle terminaler Acetylene oxidative Kupplung (Cadiot, Chodkiewicz in Viehe "Acetylenes", 597-647, Marcel Dekker, New York, 1969).

Die die Ringe verknüpfende Kette kann anschließend durch Folgereaktionen modifiziert werden (zum Beispiel Hydrierung).

Die gegebenenfalls erforderliche Verseifung der bei der Alkylierung mit Halogenestern anfallenden Estergruppen wird nach den dem Fachmann bekannten Methoden durchgeführt (beispielsweise mit basischen Katalysatoren wie Alkali- oder Erdalkalicarbonaten oder -hydroxiden).

Bei der Alkylierung mit Halogenessigsäure erhält man ein Zwischenprodukt mit  $R^2$  =  $CH_2X-COOH$ , das über das gemischte Anhydrid mit Chlorameisensäureester oder mit Hilfe von Dicyclohexylcarbodiimid und Reaktion mit einem primären oder sekundären Amin der allgemeinen Formel



in das Monoamid überführt wird.

Als geeignete Amine seien beispielsweise genannt:

Dimethylamin, Diethylamin, Di-n-propylamin, Diisopropylamin, Di-n-butylamin,

Diisobutylamin, Di-*sek.*butylamin, N-Methyl-n-propylamin, Dioctylamin, Dicyclohexylamin, N-Ethylcyclohexylamin, Diisopropylamin, Benzylamin, Anilin, 4-Methoxyanilin, 4-Dimethylaminoanilin, 3,5-Dimethoxyanilin, Morpholin, Pyrrolidin, Piperidin, N-Methylpiperazin, N-Ethyl-piperazin, N-(2-Hydroxyethyl)-piperazin, N-(Hydroxymethyl)-piperazin, Piperazinoessigsäureisopropylamid, N-(Piperazinomethylcarbonyl)-morpholin, N-(Piperazinomethylcarbonyl)-pyrrolidin, 2-(2-Hydroxymethyl)piperidin, 4-(2-Hydroxyethyl)-piperidin, 2-Hydroxymethylpiperidin, 4-Hydroxymethylpiperidin, 2-Hydroxymethyl-pyrrolidin, 3-Hydroxy-piperidin, 4-Hydroxypiperidin, 3-Hydroxy-pyrrolidin, 4-Piperidon, 3-Pyrrolin, Piperidin-3-carbonsäureamid, Piperidin-4-carbonsäureamid, Piperidin-3-carbonsäurediethylamid, Piperidin-4-carbonsäuredimethylamid, 2,6-Dimethylpiperidin, 2,6-Dimethylmorpholin, N-Acetyl-piperazin, N-(2-Hydroxy-propionyl)-piperazin, N-(3-Hydroxypropionyl)-piperazin, N-(Methoxyacetyl)-piperazin, 4-(N-Acetyl,N-methylamino)-piperidin, Piperidin-4-carbonsäure-(3-oxapentamethylen)-amid, Piperidin-3-carbonsäure-(3-oxapentamethylen)-amid, N-(N',N'-Dimethyl-carbamoyl)piperazin, Pyrazolin, Pyrazolidin, Imidazolin, Oxazolidin, Thiazolidin, 2,3-Dihydroxypropylamin, N-Methyl-2,3-dihydroxypropylamin, 2-Hydroxy-4-(hydroxymethyl)-ethylamin, N,N-Bis-(2-hydroxyethyl)-amin, N-Methyl-2,3,4,5,6-pentahydroxyhexylamin, 6-Amino-2,2-dimethyl-1,3-dioxepin-5-ol, 2-Hydroxyethylamin, 2-Amino-1,3-propanediol, Diethanolamin, Ethanolamin.

Die Polyhydroxyalkylamine können vorteilhafterweise auch in geschützter Form zur Reaktion eingesetzt werden, z.B. als O-Acylderivate oder als Ketale. Dies gilt besonders dann, wenn diese Derivate bequemer und billiger herstellbar sind als die Polyhydroxyalkylamine selbst. Ein typisches Beispiel ist das 2-Amino-1-(2,2-dimethyl-1,3-dioxolan-4-yl)-ethanol, das Acetonid des 1-Amino-2,3,4-trihydroxybutans, hergestellt nach DE-OS 31 50 917.

Die nachträgliche Entfernung der Schutzgruppen ist problemlos und kann z.B. durch Behandlung mit einem sauren Ionenaustauscher in wässrig-ethanolischer Lösung erfolgen.

Die Acylierung erfolgt mit einem entsprechenden Acylderivat, insbesondere mit einem Acylhalogenid oder -anhydrid. Werden Anhydride oder Halogenide von Di- oder Polycarbonsäuren eingesetzt, erhält man Verbindungen der allgemeinen Formel III, in denen die beiden makrocyclischen Ringe über eine Kohlenstoffbrücke amidartig verknüpft sind.

Als Substituenten  $R^5$ , die in die am Ende eine für eine Bindung an ein Makromolekül geeignete funktionelle Gruppe aufweisenden Substituenten  $R^5$  überführt werden können, sind unter anderem Hydroxy- und Nitrobenzyl-, Hydroxy- und Carboxyalkyl- sowie Thioalkylreste mit bis zu 10 Kohlenstoffatomen geeignet. Sie werden nach dem Fachmann bekannten Literaturverfahren (Chem. Pharm. Bull. 33, 674 (1985), Compendium of Org. Synthesis Vol. 1-5, Wiley and Sons, Inc.) in die gewünschten Substituenten (zum Beispiel mit der Amino-, Hydrazino-, Hydrazinocarbonyl-, Methacryloylhydrazinocarbonyl-, Maleimidamidocarbonyl-, Halogeno-, Halogenocarbonyl-, Mercaptogruppe als funktioneller Gruppe) umgewandelt, wobei im Falle des Nitrobenzylrestes zunächst eine katalytische Hydrierung (zum Beispiel nach P.N. Rylander, Catalytic Hydrogenation over Platinum Metals, Academic Press 1967) zum Aminobenzylderivat vorgenommen werden muß.

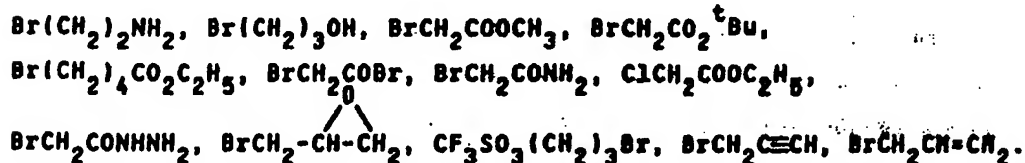
Beispiele für die Umwandlung von an aromatische oder aliphatische Reste gebundenen Hydroxy- oder Aminogruppen sind die in wasserfreien, aprotischen Lösungsmitteln wie Tetrahydrofuran, Dimethoxyethan oder Dimethylsulfoxid in Gegenwart eines Säurefängers wie zum Beispiel Natriumhydroxid, Natriumhydrid oder Alkali- oder Erdalkalicarbonaten wie zum Beispiel Natrium-, Magnesium-, Kalium-, Calciumcarbonat bei Temperaturen zwischen 0 °C und dem Siedepunkt des jeweiligen Lösungsmittels, vorzugsweise jedoch zwischen 20 °C und 60 °C, durchgeführten Umsetzungen mit einem Substrat der allgemeinen Formel IV

W-L-Fu

(IV).

worin W für ein Nucleofug wie z.B. Cl, Br, J,  $CH_3C_6H_4SO_3$ , oder  $CF_3SO_3$ , L für einen aliphatischen, aromatischen, arylaliphatischen, verzweigten, geradkettigen oder cyclischen Kohlenwasserstoffrest mit bis zu 20 Kohlenstoffatomen und Fu für die gewünschte endständige funktionelle Gruppe stehen.

Als Beispiele für Verbindungen der allgemeinen Formel IV seien genannt



Umwandlungen von Carboxy-Gruppen können zum Beispiel nach der Carbodiimidmethode (Fieser, Reagents for Organic Syntheses 10,142) über ein gemischtes Anhydrid [Org. Prep. Proc. Int. 7,215(1975)] oder über einen aktivierten Ester (Adv. Org. Chem. Part B, 472) durchgeführt werden.

Die Verbindungen der allgemeinen Formel I mit  $R^1$  in der Bedeutung eines Wasserstoffatoms stellen Komplexbildner dar. Sie können isoliert und gereinigt werden oder ohne Isolierung in Metallkomplexe der allgemeinen Formel I mit mindestens zwei der Substituenten  $R^1$  in der Bedeutung eines Metallionenäquivalents überführt werden.

Die Herstellung der erfindungsgemäßen Metallkomplexe erfolgt in der Weise, wie sie in DE-OS 34 01 052 und EP 71564 offenbart worden ist, indem man das Metalloxid oder ein Metallsalz (beispielsweise das Nitrat, Acetat, Carbonat, Chlorid oder Sulfat) des Elements der Ordnungszahlen 21-29, 31, 32, 38, 39, 42-44, 49, 57-70 oder 77 in Wasser und/oder einem niederen Alkohol (wie Methanol, Ethanol oder Isopropanol) löst oder suspendiert und mit der Lösung oder Suspension der äquivalenten Menge der komplexbildenden Säure der allgemeinen Formel I mit  $R^1$  in der Bedeutung eines Wasserstoffatoms umsetzt und anschließend, falls gewünscht, vorhandene azide Wasserstoffatome von Säuregruppen durch Kationen anorganischer und/oder organischer Basen oder Aminosäuren substituiert.

Die Neutralisation erfolgt dabei mit Hilfe anorganischer Basen (zum Beispiel Hydroxiden, Carbonaten oder Bicarbonaten) von zum Beispiel Natrium, Kalium oder Lithium und/oder organischer Basen wie unter anderem primärer, sekundärer und tertiärer Amine, wie zum Beispiel Ethanolamin, Morpholin, Glucamin, N-Methyl- und N,N-Dimethylglucamin, sowie basischer Aminosäuren, wie zum Beispiel Lysin, Arginin und Ornithin.

Zur Herstellung der neutralen Komplexverbindungen kann man beispielsweise den sauren Komplexsalzen in wässriger Lösung oder Suspension so viel der gewünschten Basen zusetzen, daß der Neutralpunkt erreicht wird. Die erhaltene Lösung kann anschließend im Vakuum zur Trockne eingeengt werden. Häufig ist es von Vorteil, die gebildeten Neutralsalze durch Zugabe von mit Wasser mischbaren Lösungsmitteln, wie zum Beispiel niederen Alkoholen (Methanol, Ethanol, Isopropanol und anderen), niederen Ketonen (Aceton und andere), polaren Ethern (Tetrahydrofu-

ran, Dioxan, 1,2-Dimethoxyethan und andere) auszufällen und so leicht zu isolierende und gut zu reinigende Kristallisate zu erhalten. Als besonders vorteilhaft hat es sich erwiesen, die gewünschte Base bereits während der Komplexbildung der Reaktionsmischung zuzusetzen und dadurch einen Verfahrensschritt einzusparen.

Enthalten die sauren Komplexverbindungen mehrere freie azide Gruppen, so ist es oft zweckmäßig, neutrale Mischsalze herzustellen, die sowohl anorganische als auch organische Kationen als Gegenionen enthalten.

Dies kann beispielsweise geschehen, indem man die komplexbildende Säure in wässriger Suspension oder Lösung mit dem Oxid oder Salz des das Zentralion liefernden Elements und der Hälfte der zur Neutralisation benötigten Menge einer organischen Base umsetzt, das gebildete Komplexsalz isoliert, es gewünschtenfalls reinigt und dann zur vollständigen Neutralisation mit der benötigten Menge anorganischer Base versetzt. Die Reihenfolge der Basenzugabe kann auch umgekehrt werden.

Basische Gruppen können mit anorganischen und/oder organischen Säuren in pharmazeutisch verträgliche Salze überführt werden.

Als anorganische Basen werden beispielsweise Lithium-, Natrium- und Kaliumhydroxid verwendet. Als organische Basen sind unter anderem primäre, sekundäre und tertiäre Amine, wie zum Beispiel Ethanolamin, Morpholin, Glucamin, N-Methyl- und N,N-Dimethylglucamin, sowie basische Aminosäuren, wie zum Beispiel Lysin, Arginin und Ornithin, geeignet.

Zur Salzbildung mit basischen Gruppen kommen anorganische Säuren, wie zum Beispiel Salzsäure, und organische Säuren, wie zum Beispiel Zitronensäure, infrage.

Die Konjugatbildung kann z.B. über eine Carboxylgruppe der Komplexverbindung oder über die am Ende der  $C_1$ - $C_{20}$ -Alkylengruppe des Substituenten  $R^5$  sich befindliche funktionelle Gruppe, wie sie weiter oben definiert ist, erfolgen. Es können bei der Konjugatbildung der Säuren mit Makromolekülen mehrere Säurereste an dieses gebunden werden. In diesem Fall können mehrere Zentralionen an ein Makromolekül gebunden werden.

Die Kopplung an die gewünschten Makromoleküle erfolgt ebenfalls nach an sich bekannten Methoden, wie sie z. B. in Rev. r um. Morphol. Embryol. Physi l., Physiologie 1981, 18, 241 und J. Pharm. Sci. 68, 79 (1979) beschrieben sind, beispielsweise durch Reaktion der nucleophilen Gruppe eines Makromoleküls, wie der Amino-, Phenol-, Sulfhydryl-, Aldehyd- oder Imidazol-Gruppe mit einem aktivierten Derivat des Komplexbildners. Als aktivierte Derivate kommen beispielsweise Monoanhydride, Säurechloride, Säurehydrazide, gemischte Anhydride (s. z.B. G.E. Krejcarek und K.L. Tucker, Biochem. Biophys. Res. Commun. 1977, 581), aktivierte Ester, Nitrene oder Isothiocyanate in Betracht. Umgekehrt ist es auch möglich, ein aktiviertes Makromolekül mit der komplexbildenden Säure umzusetzen. Zur Konjugation mit Proteinen bieten sich auch Substituenten zum Beispiel der Struktur  $C_6H_4N_2$ ,  $C_6H_4NHCOCH_2$ ,  $C_6H_4NHCS$  oder  $C_6H_4OCH_2CO$  an.

Die Konjugation der komplexbildenden Säure mit Dextranen und Dextrinen erfolgt ebenfalls nach an sich bekannten Methoden, beispielsweise durch Aktivierung der Polysaccharide mit Bromcyan und anschließende Umsetzung mit Aminogruppen der komplexbildenden Säure.

Im Falle der Verwendung von Radioisotope enthaltenden Komplexverbindungen kann deren Herstellung nach den in "Radiotracers for Medical Applications", Volume 1, CRC-Press, Boca Raton, Florida beschriebenen Methoden vorgenommen werden.

Die Herstellung der erfindungsgemäßen pharmazeutischen Mittel erfolgt ebenfalls in an sich bekannter Weise, indem man die erfindungsgemäßen Komplexverbindungen - gegebenenfalls unter Zugabe der in der Galenik üblichen Zusätze - in wässrigem Medium suspendiert oder löst und anschließend die Suspension oder Lösung gegebenenfalls sterilisiert. Geeignete Zusätze sind beispielsweise physiologisch unbedenkliche Puffer (wie zum Beispiel Tromethamin), geringe Zusätze von Komplexbildnern (wie zum Beispiel Diethylentriaminpentaessigsäure) oder, falls erforderlich, Elektrolyte wie zum Beispiel Natriumchlorid oder, falls erforderlich, Antioxidantien wie zum Beispiel Ascorbinsäure.

Sind für die enterale Verabreichung oder andere Zwecke Suspensionen oder Lösungen der erfindungsgemäßen Mittel in Wasser oder physiologischer Salzlösung erwünscht, werden sie mit einem oder mehreren in der Galenik üblichen Hilfsstoffen (en) (zum Beispiel Methylcellulose, Lactose, Mannit) und/oder Tensid(en) (zum Beispiel Lecithine, Tween<sup>(R)</sup>, Myrj<sup>(R)</sup>) und/oder Aromastoff(en) zur Geschmackskorrektur (zum Beispiel ätherischen Ölen) gemischt.

Prinzipiell ist es auch möglich, die erfindungsgemäßen pharmazeutischen Mittel auch ohne Isolierung der Komplexsalze herzustellen. In jedem Fall muß besondere Sorgfalt darauf verwendet werden, die Chelatbildung so vorzunehmen, daß die erfindungsgemäßen Salze und Salzlösungen praktisch frei sind von nicht komplexierten toxisch wirkenden Metallionen.

Dies kann beispielsweise mit Hilfe von Farbindikatoren wie Xylenolorange durch Kontrolltitrationen während des Herstellungsprozesses gewährleistet werden. Die Erfindung betrifft daher auch Verfahren zur Herstellung der Komplexverbindungen und ihrer Salze. Als letzte Sicherheit bleibt eine Reinigung des isolierten Komplexsalzes.

Die erfindungsgemäßen pharmazeutischen Mittel enthalten vorzugsweise  $1 \mu\text{Mol} - 1 \text{ Mol/l}$  des Komplexsalzes und werden in der Regel in Mengen von  $0.001 - 5 \text{ mMol/kg}$  dosiert. Sie sind zur enteralen und parenteralen Applikation bestimmt.

Die erfindungsgemäßen Mittel erfüllen die vielfältigen Voraussetzungen für die Eignung als Kontrastmittel für die Kernspintomographie. So sind sie hervorragend dazu geeignet, nach oraler oder parenteraler Applikation durch Erhöhung der Signalintensität das mit Hilfe des Kernspintomographen erhaltene Bild in seiner Aussagekraft zu verbessern. Ferner zeigen sie die hohe Wirksamkeit, die notwendig ist, um den Körper mit möglichst geringen Mengen an Fremdstoffen zu belasten und die gute Verträglichkeit, die notwendig ist, um den nichtinvasiven Charakter der Untersuchungen aufrechtzuerhalten.



Die gute Wasserlöslichkeit der erfindungsgemäßen Mittel erlaubt es hochkonzentrierte Lösungen herzustellen, damit die Volumenbelastung des Kreislaufs in vertretbaren Grenzen zu halten und die Verdünnung durch die Körperflüssigkeit auszugleichen. Weiterhin weisen die erfindungsgemäßen Mittel nicht nur eine hohe Stabilität in-vitro auf, sondern auch eine überraschend hohe Stabilität in-vivo, so daß eine Freigabe oder ein Austausch der in den Komplexen nicht kovalent gebundenen - an sich giftigen - Ionen innerhalb der Zeit, in der die neuen Kontrastmittel vollständig wieder ausgeschieden werden, nur äußerst langsam erfolgt.

Im allgemeinen werden die erfindungsgemäßen Mittel für die Anwendung als NMR-Diagnostika in Mengen von 0,001 - 5 mmol/kg, vorzugsweise 0,005 - 0,5 mmol/kg, dosiert. Details der Anwendung werden zum Beispiel in H.J. Weinmann et al., Am. J. of Roentgenology 142, 619 (1984) diskutiert.

Besonders niedrige Dosierungen (unter 1 mg/kg) von organspezifischen NMR-Diagnostika sind z.B. zum Nachweis von Tumoren und von Herzinfarkten einsetzbar. Ferner können die erfindungsgemäßen Komplexverbindungen vorteilhaft als Shift-Reagenzien verwendet werden.

Die erfindungsgemäßen Mittel sind aufgrund ihrer günstigen radioaktiven Eigenschaften und der guten Stabilität der in ihnen enthaltenen Komplexverbindungen auch als Radiodiagnostika geeignet. Details ihrer Anwendung und Dosierung werden z.B. in "Radiotracers for Medical Applications", CRC-Press, Boca Raton, Florida beschrieben.

Eine weitere bildgebende Methode mit Radioisotopen ist die Positronen-Emissions-Tomographie, die positronenemittierende Isotope wie z.B.  $^{43}\text{Sc}$ ,  $^{44}\text{Sc}$ ,  $^{52}\text{Fe}$ ,  $^{55}\text{Co}$  und  $^{68}\text{Ga}$  verwendet. (Heiss, W.D., Phelps, M.E., Positron Emission Tomography of Brain, Springer Verlag Berlin, Heidelberg, New York 1983).

Die erfindungsgemäßen Verbindungen können auch in der Radioimmunotherapie verwendet werden. Diese unterscheidet sich von der entsprechenden Diagnostik nur durch die Menge und Art des verwendeten radioaktiven Isotops. Ziel ist dabei die Zerstörung von Tumorzellen durch energiereiche kurzwellige Strahlung mit einer möglichst geringen Reichweite. Die Spezifität des verwendeten Antikörpers ist dabei von entscheidender Bedeutung, da unspezifisch lokalisierte Antikörperkonjugate zur Zerstörung von gesundem Gewebe führen.

Der Antikörper bzw. das Antikörper-Fragment des erfindungsgemäßen Antikörper-Metall-Komplexes dient dazu, den Komplex immunspezifisch für das betreffende Antigen an das Zielorgan zu transportieren, wo das wegen seiner zelltötenden Eigenschaften ausgewählte Metallion Strahlen emittieren kann, die die Zellen lethal schädigen. Geeignete  $\beta$ -emittierende Ionen sind, zum Beispiel  $^{46}\text{Sc}$ ,  $^{47}\text{Sc}$ ,  $^{48}\text{Sc}$ ,  $^{72}\text{Ga}$  und  $^{73}\text{Ga}$ . Geeignete geringe Halbwertszeiten aufweisende  $\alpha$ -emittierende Ionen sind zum Beispiel  $^{211}\text{Bi}$ ,  $^{212}\text{Bi}$ ,  $^{213}\text{Bi}$  und  $^{214}\text{Bi}$ , wobei  $^{212}\text{Bi}$  bevorzugt ist.

Bei der in- vivo-Applikation der erfindungsgemäßen therapeutischen Mittel können diese zusammen mit einem geeigneten Träger wie zum Beispiel Serum oder physiologischer Kochsalzlösung und zusammen mit einem anderen Protein wie zum Beispiel Human Serum Albumin verabreicht werden. Die Dosierung ist dabei abhängig von der Art der zellulären Störung, dem benutzten Metallion und der Art der bildgebenden Methode.

Die erfindungsgemäßen therapeutischen Mittel werden parenteral, vorzugsweise i.V. appliziert.

Details der Anwendung von Radiotherapeutika werden zum Beispiel in R.W. Kozak et al., TIBTEC, October 1986, 262 diskutiert.

Die erfindungsgemäßen Mittel sind hervorragend als Röntgenkontrastmittel geeignet, wobei besonders hervorzuheben ist, daß sich mit ihnen keine Anzeichen der von den jodhaltigen Kontrastmitteln bekannten anaphylaxieartigen Reaktionen in biochemisch-pharmakologischen Untersuchungen erkennen lassen. Besonders wertvoll sind sie wegen der günstigen Absorptionseigenschaften in Bereichen höherer Röhrenspannungen für digitale Substraktionstechniken.

Im allgemeinen werden die erfindungsgemäßen Mittel für die Anwendung als Röntgenkontrastmittel in Analogie zu zum Beispiel Meglumin-Diatrizoat in Mengen von 0,1 - 5 mHol/kg, vorzugsweise 0,25 - 1 mHol/kg, dosiert.

Details der Anwendung von Röntgenkontrastmitteln werden zum Beispiel in Barke, Röntgenkontrastmittel, G. Thieme, Leipzig (1970) und P. Thurn, E. Bücheler - "Einführung in die Röntgendiagnostik", G. Thieme, Stuttgart, New York (1977) diskutiert.

Die erfindungsgemäßen Mittel sind - da ihre akustische Impedanz höher ist als die von Körperflüssigkeiten und Geweben - auch als Kontrastmittel für die Ultraschall-Diagnostik geeignet, insbesondere in Form von Suspensionen. Sie werden im allgemeinen in Mengen von 0,1 bis 5 mHol/kg, vorzugsweise von 0,25 bis 1 mHol/kg, dosiert.

Details der Anwendung von Ultraschall diagnostika werden z.B. in T.B. Tyler et al., Ultrasonic Imaging 3.323 (1981), J.1. Haft, "Clinical Echocardiography", Futura, Mount Kisco, New York 1978 und G. Stefan "Echokardiographie" G. Thieme Stuttgart/New York 1981, beschrieben.

Insgesamt ist es gelungen, neue Komplexbildner, Metallkomplexe und Metallkomplexsalze zu synthetisieren, die neue Möglichkeiten in der diagnostischen und therapeutischen Medizin erschließen. Vor allem die Entwicklung neuartiger bildgebender Verfahren in der medizinischen Diagnostik läßt diese Entwicklung wünschenswert erscheinen.

Die nachfolgenden Beispiele dienen zur näheren Erläuterung des Erfindungsgegenstandes.

Im folgenden wird beispielsweise die Synthese von Ausgangsmaterial, ausgehend von einer Cyclisierungsreaktion, beschrieben:

a) 1-Benzyl-4,7,10-tris-(p-tolylsulfonyl)-1,4,7,10-tetraazacyclododecan

Zu einer Lösung von 164,6 g N,N',N"-Tris-(p-tolylsulfonyl)diethylentriamin-N,N"-dinatriumsalz in 2,16 l Dimethylformamid tropft man bei 100 °C unter Rühren 145 g N,N-Bis- [2,2'-(p-tolylsulfonyloxy)]-ethan-benzylamin, gelöst in 900 ml Dimethylformamid innerhalb von 3 Stunden zu. Man tropft dann unter Rühren bei 80 °C 1 l Wasser hinzu und rührt 18 Stunden weiter bei Raumtemperatur, kühlt dann auf 0 °C und saugt den Niederschlag ab, wäscht mit wenig eiskaltem Ethanol und trocknet bei 15 Torr und 80 °C. Man erhält 175 g der Titelverbindung.

Alternative Route 1

Eine analoge Methode zur Herstellung von Tetraazacyclododecanderivaten findet sich bei M. Hediger und T.A. Kaden, *Helv. Chim. Acta* **66**, 861 (1983).

30,94 g N,N',N"-Tris-(p-Tolylsulfonyl)-diethylentriamin-N,N"-dinatriumsalz und 28,12 g N-Bis-(2-Methan-sulfonyloxy-ethyl)-triphenylmethylamin werden mit 530 ml Dimethylformamid 20 Stunden bei 80-85°C gerührt, dann abgekühlt, und in eine Lösung von 30 g Kaliumcarbonat in 5 l Eiswasser eingerührt. Man saugt den Niederschlag ab, wäscht mit 0,5 l <sup>(wenig)</sup> (den Filterkuchen und trocknet bei 20°C im Vakuum bei 150 Torr. Zur Reinigung löst man in 230 ml Chloroform und 5 ml Triethylamin, filtriert, engt im Vakuum auf 200 ml ein und versetzt die Lösung in der Siedehitze mit 250 ml Ethylacetat. Man läßt über Nacht abkühlen und saugt die ausgefallenen Kristalle ab. Man erhält 22,18 g 1,4,7-Tris-(p-Tolylsulfonyl)-10-triphenylmethyl-1,4,7,10-tetraazacyclododecan, Fp.: 185-188°C (Zersetzung)

Zur Abspaltung der Tritylschutzgruppe rührt man 31,4 g des auf diese Weise hergestellten Tritosyl-trityl-derivates in einer Mischung aus 100 ml Eisessig, 75 ml Wasser und 300 ml Dioxan 1 Stunde bei 80°C, engt dann im Vakuum bei 80°C weitgehend ein, verdünnt mit 300 ml Eiswasser und versetzt mit 40 ml 11 N Natronlauge (pH innerhalb 12). Diese Mischung wird mit 300 ml Chloroform

geschüttelt, die Phasen getrennt, die Wasserphase zweimal mit je 100 ml Chloroform extrahiert und die vereinigten Chloroformphasen über Natriumsulfat getrocknet und im Vakuum eingedampft. Den schaumigen Rückstand behandelt man mit 300 ml Diethylether, wobei Kristallisation eintritt. Man saugt ab, trocknet die Kristalle im Vakuum bei 60°C und 150 Torr und erhält 21 g 1,4,7-Tris-(p-Tolylsulfonyl)-1,4,7,10-tetraazacyclododecan.  
Fp.: 202-203°C.

Die so erhaltene Tritosylverbindung (21 g) löst man in 200 ml Dimethylformamid, versetzt die Lösung nacheinander mit 13,71 g wasserfreiem Kaliumcarbonat, 4,95 g Natriumjodid und 7,92 g Benzylbromid und rührt 5 Stunden bei 100°C. Man kühlt dann auf 20°C ab, rührt die Mischung in 4 l Eiswasser ein, saugt ab und löst den Rückstand in 2 l Dichlormethan. Die Lösung wird mit 100 ml Wasser extrahiert, über Natriumsulfat getrocknet und im Vakuum eingedampft. Den Rückstand löst man in der Siedehitze in 500 ml Acetonitril, läßt über Nacht auskristallisieren, saugt ab und trocknet die Kristalle bei 50°C und 150 Torr. Man erhält 16,20 g 1-Benzyl-4,7,10-tris-(p-tolylsulfonyl)-1,4,7,10-tetraazacyclododecan.  
Fp.: 217-219°C

b) N-Benzyl-1,4,7,10-tetraazacyclododecan

150 g 1-Benzyl-4,7,10-tris-(p-tolylsulfonyl)-1,4,7,10-tetraazacyclododecan werden mit 900 ml HBr/Essigsäure (40 Iig) und 125 g Phenol 16 Stunden auf 50 °C erhitzt. Nach Abkühlen auf 20 °C verdünnt man mit 1 l Ether, kühlt auf -5 °C und saugt die ausgefallenen Kristalle ab. Zur Isolierung der freien Base löst man das Produkt in 500 ml 4 N Natronlauge, sättigt mit Kaliumcarbonat und extrahiert mehrmals mit Chloroform, trocknet über Magnesiumsulfat und dampft im Vakuum ein. Man erhält 39 g der Titelverbindung als hellgelbes zähes Öl. Eine Probe wurde als Tri-hydrochlorid charakterisiert: Schmelzpunkt 210 °C (unter Zersetzung).

Alternative Route 2

Man versetzt eine Lösung von 11,2 g 1,4,7,10-Tetraazacyclododecan in 900 ml Tetrahydrofuran bei  $-20^{\circ}\text{C}$  mit 58 ml Triethylamin und tropft unter Rühren innerhalb von 3 Stunden eine Lösung von 16,2 ml Benzoylchlorid in 288 ml Tetrahydrofuran zu, wobei die Zimmertemperatur leicht über  $-10^{\circ}\text{C}$  steigt. Man rührt dann 16 Stunden bei  $0 - 10^{\circ}\text{C}$ , filtriert vom Niederschlag ab und dampft die Lösung im Vakuum ein. Den Rückstand chromatographiert man an 1 kg Kieselgel und eluiert mit Dioxan-Wasser-Ammoniak-Lösung (8:1:1). Die nach DSC einheitlichen Fraktionen werden vereinigt, eingedampft, in Dichlormethan gelöst und zur Entfernung einer geringen Trübung filtriert und die Lösung eingedampft. Man erhält 19,60 g 1,4,7-Tribenzoyl-1,4,7,10-tetraazacyclododecan, Fp.:  $120-125^{\circ}\text{C}$ .

11,5 g des so erhaltenen Tribenzoats werden in 150 ml Dimethylformamid mit 8,3 g wasserfreiem Kaliumcarbonat, 3,0 g Natriumjodid und 7,2 ml Benzylbromid 18 Stunden bei  $100^{\circ}\text{C}$  gerührt. Man filtriert, dampft die Lösung im Vakuum ein, rührt den Rückstand zweimal mit je 50 ml Hexan und dekantiert. Die Hexanphasen werden verworfen. Zur Reinigung löst man in Dichlormethan und chromatographiert mit Dichlormethan-Methanol (37:3) über 0,5 kg Kieselgel. Man erhält 10,2 g 1,4,7-Tribenzoyl-10-benzyl-1,4,7,10-tetraazacyclododecan, Fp.:  $105-109^{\circ}\text{C}$ .

Zur Abspaltung der Benzoylgruppen löst man dieses Produkt (2,87 g) in 290 ml Tetrahydrofuran, versetzt mit 11,2 g Kalium-t-butylat und erhitzt 48 Stunden unter Rückfluß. Man filtriert, dampft im Vakuum ein, versetzt den Rückstand unter Eiskühlung mit 100 ml Wasser und extrahiert dreimal mit je 50 ml Dichlormethan. Die vereinigten Dichlormethanphasen werden mit 10 ml Wasser geschüttelt, über Natriumsulfat getrocknet und im Vakuum eingedampft. Der zunächst ölige Rückstand kristallisiert sehr langsam und wird mit 20 ml Hexan verrieben. Nach Absaugen und Trocknen erhält man 1,15 g N-Benzyl-1,4,7,10-tetraazacyclododecan, Fp.:  $75-78^{\circ}\text{C}$ .

c) 1-Benzyl-4,7,10-tris-(ethoxycarbonylmethyl)-1,4,7,10-tetraazacyclododecan

Zu einer Lösung von 131,8 g N-Benzyl-1,4,7,10-tetraazacyclododecan in 1,5 l Dichlormethan gibt man bei 0 °C nacheinander 200 g Triethylamin und innerhalb von 2 Stunden 260 g Bromessigsäureethylester. Man rührt noch 16 Stunden bei Raumtemperatur, schüttelt mit 5 liger Natriumcarbonatlösung und Sole, trocknet über Magnesiumsulfat und dampft im Vakuum ein. Den Rückstand löst man in 200 ml Chloroform und filtriert über 2 kg Kieselgel, wobei man mit 1 l Chloroform-Methanol (95:5) eluiert. Man erhält 210 g der Titelverbindung als zähes Öl.

d) N,N',N''-Tris-(ethoxycarbonylmethyl)-1,4,7,10-tetraazacyclododecan

100 g 1-Benzyl-4,7,10-tris-(ethoxycarbonylmethyl)-1,4,7,10-tetraazacyclododecan werden in 0,5 l Essigsäure und 0,5 l Ethylacetat gelöst, mit 5 g Palladium auf Kohle (10 I) versetzt und 5 Stunden unter Wasserstoff geschüttelt. Man filtriert vom Katalysator ab, engt im Vakuum ein, löst den Rückstand in 1 l Chloroform, schüttelt mit 100 ml gesättigter Sodalösung und 100 ml Sole, trocknet und dampft im Vakuum ein. Den Rückstand reinigt man durch Kugelrohrdestillation bei  $10^{-3}$  Torr und 120 °C. Man erhält N,N',N''-Tris-(ethoxycarbonylmethyl)-1,4,7,10-tetraazacyclododecan als ein zähes hellgelbes Öl.

Ausbeute: 65 g.

IR (Film): 3400, 2935, 2878, 1738 /cm.

Beispiel 1Gadolinium-III-Komplex der 1,4,7,10-Tetraazacyclododecan-N,N',N''-triessigsäure

40,25 g (100 mmol) N,N',N''-Tris-(ethoxycarbonylmethyl)-1,4,7,10-tetraazacyclododecan werden in 0,5 l Ethanol gelöst, mit 100 ml 3 N Natronlauge versetzt und 5 Stunden bei 20°C gerührt. Man engt im Vakuum auf 70 ml ein, versetzt mit 300 ml Wasser, tropft 2 N Salzsäure bis zu einem pH-Wert von 6 hinzu und versetzt dann mit 33,44 g (100 mmol) Gadoliniumacetat und rührt 3 Stunden bei 60°C. Die Lösung wird dann zunächst über einen Anionenaustauscher Amberlite IRA 410 und dann das wässrige Eluat über einen Kationenaustauscher Amberlite IRC 50 gegeben. Man eluiert mit Wasser und dampft das Eluat im Vakuum ein. Nach Trocknen des Rückstands erhält man 35,04 g (70 % der Theorie) der Titelverbindung als farbloses Pulver.

Analyse: C<sub>14</sub> H<sub>23</sub> Gd N<sub>4</sub> O<sub>6</sub> (500,61)

C	33.59	H	4.63	Gd	31.41	N	11.19 (ber.)
	33.31		4.59		31.18		11.28 (gef.)

Beispiel 2
Gadolinium-III-Komplex der N-[2,3-Dihydroxy-N-methyl-propyl-carbamoylmethyl] 1,4,7,10-tetraazacyclododecan-N,N',N''-triessigsäure

55 g N-[2,3-Dihydroxy-N-methyl-propylcarbamoylmethyl]-N,N',N''-tris-(ethoxycarbonylmethyl)-1,4,7,10-tetraazacyclododecan löst man in 0,5 l Ethanol, versetzt mit 96 ml 3 N Natronlauge und rührt 3 Stunden bei 20°C, engt dann im Vakuum ein, versetzt mit 300 ml Wasser und stellt mit 2 N Salzsäure pH 6 ein. Zu dieser Lösung gibt man 31,94 g Gadoliniumacetat und rührt 18 Stunden bei 50°C, gibt dann über einen Anionenaustauscher Amberlite IRA 410 und anschließend das wässrige Eluat über einen Kationenaustauscher Amberlite IRC 50.



Das Eluat wird im Vakuum eingedampft und getrocknet. Man erhält 47,14 g (73 % der Theorie) der Titelverbindung als farbloses Pulver.

Analyse:  $C_{20}H_{34}GdN_5O_9$  (645.77)

C 37.20	H 5.31	Gd 24.35	N 10.85 (ber.)
37.52	5.19	24.09	10.87 (gef.)

Das Ausgangsmaterial für die Herstellung der Titelverbindung gemäß Beispiel 2 erhält man folgendermaßen:

a) N,N',N''-Tris-(ethoxycarbonylmethyl)-1,4,7,10-tetraazacyclododecan-N''-essigsäure

Man löst 20 g N,N',N''-Tris-(ethoxycarbonylmethyl)-1,4,7,10-tetraazacyclododecan in 300 ml Dichlormethan, versetzt mit 10,40 g Triethylamin und tropft anschließend bei 0 °C eine Lösung von 4,40 g Chloressigsäure in 100 ml Dichlormethan hinzu und rührt 20 Stunden bei Raumtemperatur. Zur Aufarbeitung verteilt man zwischen Dichlormethan und Phosphatpuffer pH 6, trocknet über Magnesiumsulfat und dampft im Vakuum ein. Man erhält 23 g der gewünschten Verbindung als zähes Öl.

b) N-[2,3-Dihydroxy-N-methyl-propylcarbamoylmethyl]-N',N'',N'''-tris-(ethoxycarbonylmethyl)-1,4,7,10-tetraazacyclododecan

Zu einer Lösung von 48,86 g (100 mmol) N,N',N''-Tris-(ethoxycarbonylmethyl)-1,4,7,10-tetraazacyclododecan-N''-essigsäure in 500 ml Dichlormethan tropft man bei 0 °C 10,5 g Triethylamin und anschließend 14 g Chlorameisensäureisobutylester. Man rührt 1 Stunde bei 0 °C und tropft dann eine Lösung von 10,52 g N-Methylamino-2,3propandiol in 100 ml Chloroform zu und rührt 2 Stunden bei Raumtemperatur. Anschließend schüttelt man mit Natriumhydrogencarbonatlösung und Sole, trocknet über Magnesiumsulfat und dampft im Vakuum ein. Zur Reinigung filtriert man die Chloroformlösung des Rückstands über 500 g Kieselgel und erhält 55 g der Titelverbindung.

Beispiel 3Gadolinium-III-Komplex der N-[N-Ethylcarbamoylmethyl]-1,4,7,10-tetraazacyclododecan-N',N'',N'''-triessigsäure

24 g N-[N-Ethylcarbamoylmethyl]-N',N'',N'''-tris-(ethoxycarbonylmethyl)-1,4,7,10-tetraazacyclododecan löst man in 250 ml Ethanol, versetzt mit 47 ml 3 N Natronlauge und rührt 3 Stunden bei 20 °C, engt im Vakuum ein, versetzt mit 150 ml Wasser und stellt mit 2 N Salzsäure auf pH 6 ein. Man versetzt mit 15,55 g Gadoliniumacetat und rührt 5 Stunden bei 60°C. Die Lösung wird dann wie in den vorhergehenden Beispielen beschrieben über Ionenaustauscher gereinigt. Man erhält 20,39 g der Titelverbindung als farbloses Pulver.

Analyse: C<sub>18</sub> H<sub>30</sub> Gd N<sub>5</sub>O<sub>7</sub> (585.72)

C 36.91	H 5.16	Gd 26.85	N 5.16 (ber.)
36.98	5.28	26.58	5.07 (gef.)

Herstellung des Ausgangsmaterials:

Man löst 25 g (51,2 mmol) N,N',N''-Tris-(ethoxycarbonylmethyl)-1,4,7,10-tetraazacyclododecan-N'''-essigsäure (siehe Beispiel 2a) in 200 ml Dichlormethan, versetzt bei 0 °C mit 5,40 g Triethylamin und anschließend mit 7 g Chlorameisensäureisobutylester. Man rührt 1 Stunde bei 0 °C und tropft dann eine Lösung von 2,31 g Ethylamin in 20 ml Dichlormethan hinzu, rührt 2 Stunden bei Raumtemperatur, schüttelt mit gesättigter Natriumhydrogencarbonatlösung und Sole, trocknet über Magnesiumsulfat und dampft im Vakuum zur Trockne. Zur Reinigung filtriert man die Dichlormethanlösung des Rückstands über 200 g Kieselgel und erhält 24 g N-[N-Ethylcarbamoylmethyl]-N',N'',N'''-tris-(ethoxycarbonylmethyl)-1,4,7,10-tetraazacyclododecan.

Beispiel 4Gadolinium-III-Komplex der N-Acetyl-1,4,7,10-tetraazacyclododecan-N',N'',N'''-triessigsäure

Man löst 4,30 g N,N',N''-Tris-(ethoxycarbonylmethyl)-1,4,7,10 tetraazacyclododecan in 100 ml Dichlormethan, versetzt mit 10 ml Pyridin, 100 mg 4-Dimethylaminopyridin und 2,50 g Acetylchlorid, rührt 5 Stunden bei Raumtemperatur, versetzt mit 1 ml Ethanol und dampft im Vakuum ein. Den Rückstand rührt man 5 Stunden mit 40 ml 1 N Natronlauge bei Raumtemperatur, verdünnt mit 100 ml Wasser und stellt mit 2 N Salzsäure auf pH 6 ein. Danach gibt man 3,34 g Gadoliniumacetat hinzu, rührt 5 Stunden bei 60°C und unterwirft die Lösung einer Reinigung mit Ionenaustauschern (wie in den anderen Beispielen beschrieben). Man erhält 4,23 g der Titelverbindung als farbloses Pulver.

Analyse: C<sub>16</sub> H<sub>25</sub> Gd N<sub>4</sub> O<sub>7</sub> (542.65)  
 -- C 35.41 H 4.64 Gd 28.98 N 10.32 (ber.)  
 35.63. 4.51 28.73 10.52 (gef.)

Beispiel 5Gadolinium-III-Komplex der N-Ethyl-1,4,7,10-tetraazacyclododecan-N',N'',N'''-triessigsäure

Man löst 4,30 g N,N',N''-Tris-(ethoxycarbonylmethyl)-1,4,7,10 tetraazacyclododecan in 100 ml Dichlormethan, versetzt mit 2,10 g Triethylamin und 3,12 g Jodethan. Nach 2 Stunden schüttelt man mit Wasser mehrmals aus, trocknet über Magnesiumsulfat und dampft im Vakuum ein. Den Rückstand rührt man 6 Stunden mit 100 ml 1 N Natronlauge, stellt dann mit 2 N Salzsäure auf pH 6 und rührt 16 Stunden mit 3,34 g Gadoliniumacetat bei 60°C. Die erhaltene Lösung unterwirft man einer Ionenaustauscherreinigung und erhält 3,70 g der Titelverbindung als farbl. s. Pulv. r.

Analys : C<sub>16</sub> H<sub>27</sub> Gd N<sub>4</sub> O<sub>6</sub> (528.66)  
 C 36.35 H 5.15 Gd 29.74 N 10.60 (ber.)  
 36.15 5.32 29.70 10.41 (g f.)

Beispiel 6Gadolinium-III-Komplex der N-(2,3-Dihydroxy-1-propyl)-1,4,7,10 tetraazacyclododecan-N',N'',N'''-triessigsäure

Man löst 4,30 g N,N',N''-Tris-(ethoxycarbonylmethyl)-1,4,7,10 tetraazacyclododecan in 100 ml Dichlormethan, versetzt mit 4,20 g Triethylamin und 2,21 g 3-Chlor-1,2-propandiol. Man rührt 16 Stunden bei Raumtemperatur, schüttelt mit Wasser und dampft im Vakuum ein. Den Rückstand rührt man 6 Stunden mit 100 ml 1 N Natronlauge, stellt mit 2 N Salzsäure auf pH 6 und rührt 16 Stunden mit 3,34 g Gadoliniumacetat bei 50°C. Die so erhaltene Lösung unterwirft man einer Ionenaustauscherreinigung und erhält 3,62 g der Titelverbindung als farbloses Pulver.

Analyse: C<sub>17</sub> H<sub>29</sub> Gd N<sub>4</sub> O<sub>8</sub> (574.69)

C 35.53      H 5.09      Gd 27.36      N 9.75 (ber.)

35.68      5.19      27.03      9.88 (gef.)

Beispiel 7Gadolinium-III-Komplex der N-(2-Aminoethyl)-1,4,7,10-tetraazacyclododecan-N',N'',N'''-triessigsäure

Zu einer Lösung von 4,30 g N,N',N''-Tris-(ethoxycarbonylmethyl) 1,4,7,10-tetraazacyclododecan in 100 ml Dichlormethan gibt man 2,10 g Triethylamin und 1,22 g N-(2-Chlorethyl)-acetamid. Man rührt 16 Stunden bei Raumtemperatur, schüttelt mit Wasser und dampft im Vakuum ein. Den Rückstand rührt man 6 Stunden mit 50 ml 1 N Natronlauge bei 60 °C, stellt mit 2 N Salzsäure auf pH 6 und rührt 16 Stunden mit 3,34 g Gadoliniumacetat bei 50°C. Die so erhaltene Lösung unterwirft man einer Ionenaustauscherreinigung und erhält 3,21 g der Titelverbindung als farbloses Pulver.

Analyse: C<sub>16</sub> H<sub>28</sub> Gd N<sub>5</sub> O<sub>6</sub> (543.68)

C 35.35      H 5.19      Gd 28.92      N 12.88 (ber.)

35.17      5.45      28.68      12.81 (gef.)

Beispiel 8Bis-Gadolinium-III-Komplex der 1,1'-(1,3-Propylen)-bis(1,4,7,10-tetraazacyclododecan-4,7,10-triessigsäure)

Eine Lösung von 8,60 g N,N',N''-Tris-(ethoxycarbonylmethyl)1,4,7,10-tetraazacyclododecan und 4,2 g Triethylamin in 200 ml Dichlormethan versetzt man mit 2,02 g 1,3-Dibrompropan und rührt 20 Stunden bei Raumtemperatur, schüttelt mit Wasser und Sole und dampft im Vakuum ein. Den Rückstand filtriert man mit Dichlormethan über 150 g Kieselgel und dampft ein. Man erhält ein zähes Öl, das man mit 60 ml 1 N Natronlauge 16 Stunden rührt, dann mit 100 ml Wasser verdünnt und mit 2 N Salzsäure auf pH 6 einstellt. Nach Zugabe von 6,68 g Gadoliniumacetat rührt man 16 Stunden bei 50°C und reinigt die Lösung über Anionen- und Kationenaustauscher. Man erhält 6,56 g der Titelverbindung als farbloses Pulver.

Analyse:  $C_{31}H_{50}Gd_2N_8O_{12}$  (1041,28)  
 -- C 35.76 H 4.84 Gd 30.20 N 10.76 (ber.)  
 35.71 4.58 29.94 10.88 (gef.)

Beispiel 9Bis-Gadolinium-III-Komplex der Succinyl-bis(1,4,7,10-tetraazacyclododecan-4,7,10-triessigsäure)

Eine Lösung von 4,30 g N,N',N''-Tris-(ethoxycarbonylmethyl)1,4,7,10-tetraazacyclododecan und 4,20 g Triethylamin in 100 ml Dichlormethan versetzt man bei 0°C tropfenweise mit 1,705 g Bernsteinsäuredichlorid, gelöst in 20 ml Dichlormethan, und rührt anschließend 1 Stunde bei Raumtemperatur. Man schüttelt mit Natriumhydrogencarbonatlösung und Sole und dampft im Vakuum ein. Den Rückstand chromatographiert man an 100 g Kieselgel mit Dichlormethan/Ethylacetat (10 - 30 %).

Man erhält ein zähes Öl, das mit 40 ml 1 N Natronlauge 4 Stunden gerührt wird, dann mit Wasser (100 ml) verdünnt und mit 2 N Salzsäure auf pH 6 eingestellt wird. Nach Zugabe von 3,34 g Gadoliniumacetat rührt man 16 Stunden bei 50°C und reinigt die Lösung über Ionenaustauscher. Man erhält 3,80 g der Titelverbindung als weißes Pulver.

Analyse:  $C_{32} H_{48} Gd_2 N_8 O_{14}$  (1083.28)  
 C 35.48 H 4.47 Gd 29.03 N 10.34 (ber.)  
 35.31 4.18 28.81 10.57 (gef.)

#### Beispiel 10

Tris-Gadolinium-Komplex der N<sup>6</sup>-Carboxymethyl-N<sup>3</sup>, N<sup>9</sup>- bis (4,7,10-tricarboxymethyl-1,4,7,10-tetraazacyclododecan-1-yl)-carbonylmethyl-3,6,8-triazaundecandisäure

Man suspendiert 3,57 g DTPA-bis-Anhydrid in 100 ml Wasser und versetzt mit 4,2 g Triethylamin und 8,61 g N,N',N"-Tris(ethoxycarbonylmethyl)-1,4,7,10-tetraazacyclododecan und rührt 16 Stunden bei Raumtemperatur, versetzt dann mit 200 ml Ethanol und saugt vom ausgefallenen Feststoff ab. Der Filterkuchen wird mit 100 ml 1 N Natronlauge 6 Stunden gerührt, dann stellt man mit 2 N Salzsäure auf pH 6, fügt 10,03 g Gadoliniumacetat hinzu und rührt 16 Stunden bei 50°C. Die Lösung wird über Ionenaustauscher wie üblich gereinigt. Man erhält 8,32 g der Titelverbindung als farbloses Pulver.

Analyse:  $C_{42} H_{62} Gd_3 N_{11} O_{20}$  (1512.77)  
 C 33.35 H 4.13 Gd 31.18 N 10.18 (ber.)  
 33.41 4.05 31.02 10.03 (gef.)

Die Herstellung und Isolierung von Komplexbildnern wird an den folgenden Beispielen gezeigt. Die isolierten Komplexbildner können anschließend zum Beispiel mit verschiedenen paramagnetischen Ionen in die Komplexe überführt werden.

Beispiel 11N-(2-Hydroxyethyl)-1.4.7.10-tetraazacyclododecan-N',N'',N'''-triessigsäure

Eine Lösung von 6,46 g N,N',N''-Tris-(ethoxycarbonylmethyl)1,4,7,10-tetraazacyclododecan in 150 ml Dichlormethan versetzt man mit 3,2 g Triethylamin und 1,45 g 2-Chlorethanol. Man rührt 4 Stunden bei Raumtemperatur, schüttelt dann mit Natriumhydrogencarbonatlösung und Sole, trocknet über Magnesiumsulfat und dampft im Vakuum ein. Den Rückstand rührt man 16 Stunden mit 60 ml 1 N Natronlauge. Durch Zugabe von 5 N Salzsäure wird auf pH 2,5 eingestellt. Die resultierende Suspension gibt man auf einen Ionenaustauscher (DOWEX 50W-X4 in der H<sup>+</sup>-Form), eluiert mit Wasser und anschließend mit 0,5 M NH<sub>3</sub>-Lösung. Man engt im Vakuum ein und isoliert die Titelverbindung durch Zugabe von Ethanol und Absaugen des Niederschlags. Man erhält 4,24 g der Titelverbindung, die Reinheit wird durch pH-Titration und Elementaranalyse überprüft.

-Analyse: C<sub>16</sub> H<sub>30</sub> N<sub>4</sub> O<sub>7</sub> (390,44)  
 C 49.22 H 7.75 N 14.35 (ber.)  
 49.48 7.83 14.09 (gef.)

Beispiel 12N-Methoxyacetyl-1.4.7.10-tetraazacyclododecan-N',N'',N'''-triessigsäure

Eine Lösung von 6,46 g N,N',N''-Tris-(ethoxycarbonylmethyl)1,4,7,10-tetraazacyclododecan in 150 ml Dichlormethan versetzt man mit 3,2 g Triethylamin und 1,79 g Methoxyessigsäurechlorid. Nach 1 Stunde schüttelt man mit Sodalösung und Sole, trocknet über Magnesiumsulfat und dampft im Vakuum ein. Den Rückstand rührt man mit 60 ml 1 N Natronlauge 5 Stunden bei Raumtemperatur, säuert dann durch Zugabe von verdünnter Salzsäure auf pH 2 an

und reinigt die so erhaltene Suspension an einem Kationenaustauscher (DOWEX 50 W-X4), den man mit Wasser und 0,5 M  $\text{NH}_3$ -Lösung eluiert. Das Eluat engt man ein und fällt die Titelverbindung durch Zugabe von Ethanol aus. Nach Absaugen und Trocknen erhält man 4,51 g der Titelverbindung. Die Reinheitsprüfung erfolgt durch Titration und Elementaranalyse.

Analyse:  $\text{C}_{17} \text{H}_{30} \text{N}_4 \text{O}_8$  (418.45)  
 C 48.80 H 7.23 N 13.38 (ber.)  
 48.98 7.41 13.16 (gef.)

### Beispiel 13

N-[N-(2-Hydroxyethyl)-carbamoylmethyl]-1,4,7,10-tetraazacyclododecan-N',N'',N'''-triessigsäure

Eine Lösung von 12,50 g N,N',N''-Tris-(ethoxycarbonylmethyl)-1,4,7,10-tetraazacyclododecan-N'''-essigsäure in 250 ml Dichlormethan versetzt man bei 0 °C mit 5,22 g Triethylamin und anschließend mit 3,50 g Chlorameisensäureisobutylester. Nach 1 Stunde tropft man 1,60 g Ethanolamin, gelöst in 50 ml Dichlormethan, hinzu, rührt 2 Stunden bei Raumtemperatur, schüttelt mit Sodälösung und Sole, trocknet über Magnesiumsulfat und dampft im Vakuum ein. Den Rückstand chromatographiert man mit Chloroform/Aceton (10:1) an 200 g Kieselgel und erhält 11 g N-(2-Hydroxyethyl)carbamoylmethyl-N',N'',N'''-(tris-ethoxycarbonylmethyl)-1,4,7,10-tetraazacyclododecan.

Dieses Produkt rührt man mit 100 ml 1 N Natronlauge 5 Stunden bei Raumtemperatur, säuert dann mit verdünnter Salzsäure auf pH 2,5 an und reinigt die Suspension an einem Kationenaustauscher (DOWEX 50W-X4), wobei man mit Wasser und anschließend mit 0,5 M  $\text{NH}_3$ -Lösung eluiert. Das Eluat wird weitgehend eingeeengt, und nach Zugabe von Ethanol kristallisiert die Titelverbindung aus, die man durch Filtration isoliert. Man erhält 7,2 g der Titelverbindung, deren Reinheit durch Titration und Elementaranalyse untersucht wird.

Analyse:  $\text{C}_{18} \text{H}_{33} \text{N}_5 \text{O}_9$  (447.49)  
 C 48.31 H 7.43 N 15.65 (ber.)  
 48.20 7.40 15.49 (gef.)



Beispiel 14

Gadoliniumkomplex der N-(Morpholinocarbonylmethyl)-1,4,7,10-tetraazacyclododecan-N',N'',N'''-triessigsäure

---

55,77 g N-(Morpholinocarbonylmethyl)-N',N'',N'''-tris-(ethoxycarbonylmethyl)-1,4,7,10-tetraazacyclododecan werden analog Beispiel 2 mit Natronlauge hydrolysiert und mit Gadoliniumacetat komplexiert. Man erhält 45,19 g (72 % d. Theorie) der Titelverbindung als weißes Pulver.

Das Ausgangsmaterial für die Herstellung der Titelverbindung erhält man, indem man analog nach Beispiel 2b verfährt, aber Morpholin an Stelle von N-Methylamino-2,3-propandiol verwendet.

Analyse: C<sub>20</sub> H<sub>32</sub> Gd N<sub>5</sub> O<sub>8</sub> (627.75)  
 C 38.27      H 5.14      Gd 25.04      N 11.16 (ber.)  
              38.02      5.09      24.83      11.35 (gef.)

Beispiel 15

Gadoliniumkomplex der N-(Morpholinocarbonylmethyl)-1,4,7,10-tetraazacyclododecan-N',N'',N'''-tris-(2-methyl-essigsäure)

---

53,06 g N-(Morpholinocarbonylmethyl)-N',N'',N'''-tris-(1-ethoxycarbonyl-1-ethyl)-1,4,7,10-tetraazacyclododecan werden analog Beispiel 2 mit Natronlauge hydrolysiert und mit Gadoliniumacetat komplexiert. Man erhält 52,20 g (78 % d. Theorie) der Titelverbindung als weißes Pulver.

Analyse: C<sub>23</sub> H<sub>38</sub> Gd N<sub>5</sub> O<sub>8</sub> (669.83)  
 C 41.24      H 5.72      Gd 23.48      N 10.46 (ber.)  
              41.35      5.65      23.33      10.62 (gef.)

Beispiel 16Gadoliniumkomplex der 1-Oxa-4,7,10-triazacyclododecan-N,N',N''-triessigsäure

10,42 g 1-Oxa-4,7,10-triazacyclododecan-N,N',N''-triessigsäure und 9,85 g Gadoliniumacetat werden mit 50 ml Wasser bei 95°C gerührt. Nach ca. 5 Minuten bildet sich eine klare Lösung, die noch 1 Stunde auf 95°C gehalten wird. Nach dem Abkühlen wird die Lösung nacheinander mit jeweils 30 ml Kationenaustauscher IR 120 und Anionenaustauscher IRA-410 gerührt, filtriert und im Vakuum eingedampft. Man erhält 9,17 g (61 % der Theorie) der Titelverbindung als weißes Pulver.

Analyse:  $C_{14}H_{22}GdN_3O_7$  (501,59)

C 33.52	H 4.42	Gd 31.35	N 8.34 (ber.)
33.63	4.50	31.18	8.42 (gef.)

Das verwendete Startmaterial erhält man folgendermaßen:

Man löst 13,86 g 1-Oxa-triazacyclododecan in 200 ml Wasser, versetzt mit 30,24 g Chloressigsäure in Portionen und gleichzeitig mit 9,6 N Kalilauge derartig, daß der pH-Wert der Lösung zwischen 9,8 und 11,8 bleibt. Dann erwärmt man 2 Stunden auf 100°C wobei durch weitere Zugabe von Kalilauge der pH-Wert auf 10,0 gehalten wird. Nach dem Abkühlen auf 20°C stellt man durch Zugabe von 26,5 ml 12 N Salzsäure auf pH 2 und gibt auf 1,6 l Kationenaustauscher IR 120 und eluiert mit 4,8 l Wasser. Dieses Eluat wird verworfen. Man eluiert weiter mit 1,2 l 0,5 N Ammoniak und dampft im Vakuum ein. Man erhält 24,1 g 1-Oxa-4,7,10-triazacyclododecan-N,N',N''-triessigsäure (86,8 % der Theorie).  
Fp. 68-70°C.

Beispiel 17Bis-Gadoliniumkomplex der 1,1'-(2-Hydroxy-1,3-propylen)-bis-(1,4,7,10-tetraazacyclododecan-4,7,10-triessigsäure)

Zu einer Lösung von 43,05 g N,N',N''-Tris-(ethoxy-carbonylmethyl)-1,4,7,10-tetraazacyclododecan in 450 ml Dimethylformid gibt man 4,63 g Epichlorhydrin. Nach 1 Stunde versetzt man mit 7,5 g Natriumjodid und erhitzt 24 Stunden auf 80°C. Man engt im Vakuum ein, verteilt den Rückstand zwischen Wasser und Chloroform, trocknet die Chloroformphase über Natriumsulfat und dampft im Vakuum ein. Den Rückstand chromatographiert man an 1 kg Kieselgel mit Dichlormethan - 10 % Aceton und erhält 27,5 g 1,1'-(2-Hydroxy-1,3-propylen)-bis-(1,4,7,10-tetraazacyclododecan-triessigsäureethylester) als zähes Öl.

Man löst 9,17 g des so hergestellten Esters in 200 ml Ethanol und rührt mit 30 ml 3 N Natronlauge 20 Stunden bei Raumtemperatur, stellt dann mit Salzsäure auf pH 6 und rührt 16 Stunden bei 60°C mit 6,68 g Gadoliniumacetat und reinigt die Lösung über Anionen- und Kationenaustauscher und erhält 10,05 g der Titelverbindung als weißes Pulver.

Analyse:  $C_{31} H_{50} Gd_2 N_8 O_{13}$  (1057,28)  
 C 35.22      H 4.77      Gd 29.75      N 10.60 (ber.)  
           35.03      4.89      29.49      10.41 (gef.)

Beispiel 18N-Methylglucaminsalz des Mangan-II-Komplexes der N-[N-(2-Hydroxyethyl)-carbamoylmethyl]-1,4,7,10-tetraazacyclododecan-N',N'',N'''-triessigsäure

8,95 g (20 mmol) N-[N-(2-Hydroxyethyl)-carbamoylmethyl]-1,4,7,10-tetraazacyclododecan-N',N'',N'''-triessigsäure werden in 30 ml Wasser suspendiert und mit 1,40 g (20 mmol) Mangan-II-oxid 3 Stunden auf 100°C erhitzt. Man versetzt dann mit 3,90 g (20 mmol) N-Methylglucamin, erhitzt weitere 12 Stunden auf 100°C und dampft die Lösung im Vakuum zur Trockne. Man erhält 13,8 g der Titelverbindung als rosafarbenes Pulver.

Fp. 140-143°C.

Analyse: C<sub>25</sub> H<sub>48</sub> Mn N<sub>6</sub> O<sub>13</sub> (695,64)

C 43.17	H 6.96	Mn 7.90	N 12.08 (ber.)
43.44	7.16	7.69	12.01 (gef.)

Beispiel 19Dysprosium-III-Komplex der N-(Morpholinocarbonylmethyl)-1,4,7,10-tetraazacyclododecan-N',N'',N'''-triessigsäure

20 g N-(Morpholinocarbonylmethyl)-N',N'',N'''-tris-(ethoxycarbonylmethyl)-1,4,7,10-tetraazacyclododecan werden analog Beispiel 2 mit Natronlauge hydrolysiert und mit Dysprosiumacetat komplexiert. Man erhält 16,3 g der Titelverbindung als weißes Pulver.

Analyse: C<sub>20</sub> H<sub>32</sub> Dy N<sub>5</sub> O<sub>8</sub> (633,01)

C 37.95	H 5.10	Dy 25.67	N 11.06 (ber.)
37.71	4.92	25.81	11.32 (gef.)

Beispiel 20Herstellung von mit Gadolinium-N-(Morpholinocarbonylmethyl)-1,4,7,10-tetraaza-cyclododecan-N',N'',N'''-triessigsäure beladenen Liposomen

Nach der in Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A. 75, 4194 beschriebenen Vorgehensweise wird ein Lipidgemisch aus 75 Mol % Ei-Phosphatidylcholin und 25 Mol % Cholesterol als Trockensubstanz hergestellt. Hiervon werden 500 mg in 30 ml Diethylether gelöst und im Ultraschall-Bad tropfenweise mit 3 ml einer wässrigen 0,1 M Lösung des Gadoliniumkomplexes der N-(Morpholinocarbonylmethyl)-1,4,7,10-tetraaza-N',N'',N'''-triessigsäure versetzt. Man setzt die Ultraschallung noch 10 Minuten fort und engt im Vakuum ein. Der gelartige Rückstand wird in 0,125 M Natriumchloridlösung suspendiert und bei 0°C wiederholt bei 20 000 g zentrifugiert zur Abtrennung von nichtverkapseltem Gadoliniumkomplex. Man unterwirft die Suspension dann einer Gefriertrocknung in Multivials. Die Applikation erfolgt als kolloidale Dispersion in 0,9 %iger Natriumchloridlösung.

Beispiel 21Herstellung einer Lösung des Yttrium-90-Komplexes vom Konjugat der 1,4,7,10-Tetraazacyclododecan-N,N',N'',N'''-tetraessigsäure mit monoklonalen Antikörper

Zu einer Suspension von 4 mg 1,4,7,10-Tetraazacyclododecan-N,N',N'',N'''-tetraazacyclododecan-N,N',N'',N'''-tetraessigsäure in 1 ml Wasser gibt man 2 mg N-(3-Dimethylaminopropyl)-N'-ethyl-carbodiimid-hydrochlorid und anschließend 1 ml einer Lösung von 0,6 mg monoklonalem Antikörper (mit Spezifität gegen Melanoma-Antigen) in 0,05 molarem Natriumhydrogencarbonatpuffer (pH 7,8) gelöst. Man rührt 2 Stunden bei Raumtemperatur und dialysiert gegen einen 0,3 M Natriumphosphatpuffer. Dann setzt man 1 ml einer Yttrium-90 Lösung in Acetatpuffer pH 6 zu (hergestellt nach Int. J. Appl. Radiat. Isot., Vol 36 [1985], S. 803) und inkubiert 24 Stunden bei Raumtemperatur. Die Lösung wird über eine Sephadex 6 25-Säule gegeben und die radioaktive Proteinfraction steril filtriert und in Multivials abgefüllt. Durch Lyophilisierung wird ein lagerfähiges Trockenpräparat erhalten.

Beispiel 22Gadoliniumkomplex der N-(Isopropoxyloxycarbonylmethyl)-1,4,7,10-tetraazacyclododecan-N',N'',N'''-triessigsäure

Zu einer Lösung von 48,86 g (100 mmol) N,N',N''-Tris-(ethoxycarbonylmethyl)-1,4,7,10-tetraazacyclododecan-N'''-essigsäure in 500 ml Dichlormethan tropft man bei 0°C 10,5 g Triethylamin und anschließend 14 g Chlorameisensäureisobutylester. Man rührt 1 Stunde bei 0°C und tropft dann 6,61 g Isopropylalkohol zu und rührt 4 Stunden bei Raumtemperatur, schüttelt mit Natriumhydrogencarbonat und Sole und dampft im Vakuum ein. Zur Reinigung filtriert man die Chloroformlösung des Rückstands über 500 g Kieselgel und erhält 45,0 g N,N',N''-Tris-(ethoxycarbonylmethyl)-1,4,7,10-tetraazacyclododecan-N'''-essigsäureisopropylester als hellgelbes zähes Öl.

Man löst 10,61 g (20 mmol) des so erhaltenen Isopropylesters in 150 ml Ethanol und versetzt bei 0°C im Verlauf von 5 Stunden mit 60 ml 1 N Natronlauge, rührt noch 1 Stunde bei 0°C nach, stellt dann mit 2 N Salzsäure auf pH 6 ein und engt im Vakuum weitgehend ein und verdünnt dann mit 200 ml Wasser, versetzt mit 6,69 g Gadoliniumacetat und erhitzt 16 Stunden auf 50°C. Die Lösung unterwirft man dann einer Ionenaustauscherreinigung. Man erhält 8,20 g der Titelverbindung als farbloses Pulver.

Analyse:  $C_{19}H_{31}GdN_4O_8$  (600.73)

C 37.99	H 5.20	Gd 26.18	N 9.33 (ber.)
38.22	5.31	26.02	9.41 (gef.)

Beispiel 23Indium-111-Komplex der N-(morpholinocarbonylmethyl)-1,4,7,10-tetraazacyclododecan-N',N'',N'''-triessigsäure

Man v rfährt analog B ispiel 14 und komplexiert mit radioaktivem <sup>111</sup>-Indiumchlorid. Zur Überprüfung, ob die Metallionen vollständig als Chelat gebunden sind, unt rsucht man die Lösung der Titelverbindung dünnschichtchromatographisch an Ki selgelplatten in dem System M than 1-Wasser (2:1) Nicht-chelatisierte Metallionen werden dabei als radioaktive Zone am Startfleck erkannt.

Falls notwendig wird die Chelatisierung durch weitere Zugabe von N-(Morpholino-carbonylmethyl)-N',N'',N'''-tris-(ethoxycarbonylmethyl)-1,4,7,10-tetraazacyc-lododecan und anschließende Esterspaltung vervollständigt.

Auf die gleiche Weise erhält man den Gadolinium-153-Komplex der N-(Morpholino-carbonylmethyl)-1,4,7,10-tetraazacyclododecan-N',N'',N'''-triessigsäure.



Europäisches  
Patentamt

# EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

0255471

Nummer der Anmeldung

EP 87 73 0085

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int. Cl. 4)
A	FR-A-2 539 996 (SCHERING) * Seite 0; Seite 27, Beispiel 11; Seite 30, Beispiel 18; Seite 38, Beispiel 46 *	1-12	C 07 D 257/00 C 07 D 273/00 A 61 K 49/00 C 07 F 5/00 C 07 F 13/00 C 07 F 9/65
A	--- EP-A-0 124 766 (SCHERING) * Seiten 2-8: "Verbindungen mit dem Formel (Ic)" *	1-12	
A	--- CHEMICAL ABSTRACTS, Band 97, Nr. 24, 13. Dezember 1982, Seite 617, Zusammenfassung Nr. 206960z, Columbus, Ohio, US; C.C. BRYDEN et al.: "Multinuclear NMR study of three aqueous lanthanide shift reagents: complexes with EDTA and two macrocyclic ligands", & RARE EARTHS MOD. SCI. TECHNOL. 1982, 3, 53-7	1-7	
A	--- WO-A-8 602 352 (BOARD OF REGENTS, THE UNIVERSITY OF TEXAS SYSTEMS) * Seite 2, Zeilen 33-36; Ansprüche *	1-12	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int. Cl. 4) C 07 D 257/00 C 07 D 273/00 A 61 K 49/00 C 07 F 5/00 C 07 F 13/00
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt.			
Recherchenort DEN HAAG		Abschlußdatum der Recherche 27-10-1987	Prüfer LUYTEN H.
<b>KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE</b> X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichttechnische Offenbarung P : Zwischenliteratur T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung eingeführtes Dokument L : aus andern Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, überein- stimmendes Dokument			